

ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

abordagem científica para uma vida saudável 2

Taísa Ceratti Treptow
(Organizadora)

Atena Editora
Ano 2024



ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

abordagem científica para uma vida saudável 2

Taísa Ceratti Treptow
(Organizadora)

Atena Editora
Ano 2024

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Alimentos e nutrição: abordagem científica para uma vida saudável 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Jeniffer dos Santos
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Taísa Ceratti Treptow

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A411 Alimentos e nutrição: abordagem científica para uma vida saudável 2 / Organizadora Taísa Ceratti Treptow. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2939-5
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.395242410

1. Alimentos. 2. Nutrição. I. Treptow, Taísa Ceratti (Organizadora). II. Título.

CDD 641.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DO AUTOR

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Organização Mundial da Saúde define a saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social. Este conceito considera diversos fatores na vida das pessoas e da sociedade. O Ministério da Saúde complementa que a expressão vida saudável está correlacionada com a alimentação e a nutrição, pois hábitos alimentares saudáveis são fatores para prevenção, tratamento, surgimento e agravamento de doenças.

O e-book “Alimentos e nutrição: abordagem científica para uma vida saudável 2” da Editora Atena veio agregar os conceitos através de pesquisas científicas que compreendem 7 artigos na área de Alimentos e Nutrição. Os diversos trabalhos englobam temas como: alimentos funcionais, compostos bioativos do gengibre, revestimento comestível de fécula de mandioca, aplicabilidade de *machine learning* na avaliação de conservante em pães, além da padronização na produção e qualidade de queijos andinos. Na obra também é possível encontrar pesquisas sobre os efeitos da suplementação da laranja moro na obesidade, além do desenvolvimento de cosméticos naturais à base de hibisco.

Os diferentes capítulos permitem ampliar a leitura em diversos cenários de atuação na área de alimentos e nutrição, além das demais áreas. Sendo assim, desejamos que esta obra seja fonte de inspiração e sirva de instrumento didático-pedagógico para acadêmicos e professores nos diversos níveis de ensino. Além disso, também esperamos que este *e-book* seja fonte de estímulo para futuras ideias e pesquisas.

Agradecemos aos autores por suas contribuições científicas nesta temática e desejamos a todos uma excelente leitura!

Taísa Ceratti Treptow

SUMÁRIO

ALIMENTOS FUNCIONAIS NAS DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS

Data de submissão: 24/09/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Elienae da Silva Gomes
Doutoranda em Ciências de Alimentos-UEM

Aline Cristini dos Santos Silva
Doutoranda em Ciencias de Alimentos-UEM

Amábile Mariano Marques
Graduanda em Engenharia de Alimentos -UEM

Anne Caroline Boreski dos Santos
Graduada em Medicina, Universidad Sudamericana

Dulcicler Nelo Mariano
Graduada em Pedagogia- UNOPAR

Fernanda Francielle de Castro
Docente em Gastronomia- SENAC

Isabela Carolina Ferreira da Silva
Doutoranda em Ciências de Alimentos

Julie Suzan da Silva
Graduanda em Engenharia de Alimentos -UEM

Maicon Henrique Braz Garcia
Mestrando em Química

Marina Melliny Guimarães de Freitas
Doutoranda em Ciências de Alimentos

Natallya Marques da Silva
Doutoranda em Ciências de Alimentos

Oscar de Oliveira Santos Júnior
Doutor em Química- UEM

RESUMO: Alimentos funcionais são aqueles que, além de fornecerem nutrientes essenciais, possuem compostos bioativos que exercem efeitos benéficos à saúde. Esses alimentos podem atuar na redução do risco de doenças crônicas, como diabetes, doenças cardiovasculares e câncer, e podem ajudar a melhorar a saúde mental e a qualidade de vida. O Brasil com a sua extensão territorial possui diferentes biomas e apresenta uma diversidade única de alimentos funcionais que refletem as tradições e culturas alimentares de cada região. Este capítulo enfoca as diferentes regiões do Brasil, ressaltando alimentos típicos que, além de seu valor nutricional, apresentam propriedades funcionais benéficas à saúde. São discutidos produtos como as frutas da Amazônia e os ingredientes característicos das regiões Sul e Nordeste, destacando a influência do clima e da geografia no desenvolvimento de alimentos nativos com potencial funcional.

Cada região brasileira é rica em alimentos que não só fornecem nutrientes essenciais, mas também promovem a saúde e o bem-estar. A diversidade regional constitui um importante recurso, com grande potencial de expansão no mercado alimentício funcional do Brasil.
PALAVRAS-CHAVE: Alimentos funcionais, Compostos bioativos, Antioxidantes, Biomas brasileiros, Cultura alimentar regional.

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil, com sua ampla extensão territorial e diversidade cultural, é caracterizado por uma infinidade de alimentos funcionais. Esses alimentos, além de fornecerem nutrientes essenciais, desempenham um papel importante na promoção da saúde e na prevenção de doenças (Barreiro *et al*., 2021).

Os alimentos funcionais, quando incorporados à rotina alimentar, podem trazer benefícios específicos à saúde, como a redução do risco de doenças e a promoção do bem-estar físico e mental. No entanto, além desses benefícios, é importante considerar fatores como a interação social, o nível socioeconômico, a atividade intelectual, o suporte familiar, o estado de saúde, o estilo de vida, a satisfação com as atividades diárias, os valores éticos e culturais, a religiosidade e o ambiente em que a pessoa está inserida (Bezerra *et al*.,2018).

Perante a legislação brasileira a regulamentação dos produtos atribuídos como funcionais as alegações ou mensagens devem dizer respeito ao papel metabólico ou fisiológico que um nutriente ou não nutriente exerce no crescimento, desenvolvimento, manutenção e em outras funções normais do organismo humano. Porém, essa alegação pode ser utilizada somente com a devida comprovação de eficácia baseada em evidências científicas (Brasil, 2021).

Nesse sentido, o mercado de produtos alimentícios funcionais tem crescido nos últimos anos, apontando para um futuro promissor. A grande maioria dessas alegações refere-se a compostos conhecidos pelos consumidores, como vitaminas e minerais. Para alegações de redução do risco de uma doença, tanto o fator de risco quanto a doença em questão devem ser claramente identificados, e a redução (ou alteração benéfica) desse fator precisa ser demonstrada a partir de evidências experimentais e observacionais em humanos (Brasil, 2021).

Os efeitos dos alimentos funcionais devem ser obtidos por meio do consumo em quantidades habituais, apresentados em sua forma “tradicional”, e não em formulações farmacêuticas, assegurando a segurança dos consumidores, inclusive daqueles com condições de saúde comuns. Um exemplo relevante são os prebióticos, frequentemente incorporados aos alimentos, cujas fibras solúveis favorecem o crescimento de bactérias benéficas no trato intestinal (Colombo *et al* ., 2020).

Os alimentos funcionais, além de fornecerem os nutrientes essenciais ao organismo, desempenham um papel importante na promoção da saúde, contribuindo para a prevenção

de doenças crônicas, o fortalecimento do sistema imunológico e a melhora das funções corporais (Baker *et al.*, 2022). Eles podem ser classificados em duas categorias principais: quanto a origem, que pode ser animal ou vegetal, e quanto aos tipos de benefícios que proporcionam à saúde. Esses alimentos atuam em seis áreas principais do organismo humano: crescimento, desenvolvimento e diferenciação celular, sistema cardiovascular, funções fisiológicas, metabolismo de substratos, sistema gastrointestinal e antioxidantes (Cañas ; Braibante,2019).

Os alimentos provenientes de fontes naturais, em sua maior parte são compostos por vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos, sendo essenciais na promoção da saúde e melhora da qualidade de vida do ser humano (Oliveira *et al.*, 2021). Desse modo, a busca pela alimentação saudável surge como uma alternativa para a prevenção e tratamento de doenças (Rolim ; Andrade, 2022).

O Brasil se destaca mundialmente pela vasta biodiversidade vegetal. Muitas espécies pertencentes aos ecossistemas brasileiros têm chamado a atenção devido ao seu potencial benéfico à saúde das pessoas, exercendo ação antioxidante, efeitos anti-inflamatório e anticarcinogênicas (Da Silva *et al.*, 2022). No entanto, parte dessas espécies são desconhecidas e inexploradas, sendo uma alternativa para os agricultores, consumidores e para as diversas aplicações industriais (BIazotto *et al.*, 2019).

Segundo Cruz *et al* (2021), as fibras alimentares são definidas como uma combinação heterogênea de ligninas e polissacarídeos que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas do corpo humano. Seu consumo exerce um papel protetor contra diversas doenças, como hipertensão, problemas cardiovasculares, distúrbios vasculares cerebrais, diabetes, obesidade, níveis elevados de colesterol LDL (lipoproteínas de baixa densidade) e câncer de reto e cólon.

Um dos principais benefícios à saúde apresentados por meio de estudos relacionados aos flavonoides foi a diminuição da probabilidade de rigidez arterial e infarto em mulheres. Além disso os flavonoides apresentam outros benefícios como atividades vasodilatadora, anti-inflamatória e antioxidant(Cañas ;Braibante 2019).

Já os probióticos são suplementos alimentares que contêm microrganismos vivos, capazes de promover o equilíbrio da microbiota intestinal.

No Brasil, a mudança nos hábitos alimentares das famílias ainda é motivo de preocupação, houve um aumento expressivo no consumo de alimentos ultraprocessados nos lares brasileiros (Hoffmann *et al.*, 2021). Esse padrão alimentar inadequado reflete-se na elevada prevalência de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) no país.

Por outro lado, em diversos países orientais, a prevalência de DCNTs é consideravelmente menor. Isso gerou muitos debates sobre o papel da alimentação e da nutrição na redução dessas doenças. O consumo de soja, amplamente difundido nesses países, é frequentemente apontado como o fator chave para a menor incidência de DCNTs, especialmente em relação aos baixos índices de câncer de mama entre as mulheres. Esse

efeito é atribuído ao fitoestrogênio presente na soja, considerado o principal responsável por essa baixa prevalência (Anjo, 2020).

Sendo assim, a inovação na área da saúde tem conquistado um novo espaço no mercado, com as indústrias alimentícias se reinventando e buscando desenvolver produtos com maior valor nutricional e funcionalidades aprimoradas para o organismo. Isso ocorre em resposta à crescente demanda dos consumidores, que estão cada vez mais focados em melhorar sua qualidade de vida (Da Silva *et al*., 2021). Pois, o Brasil está passando por constante transformações, sobretudo populacional, epidemiológica e nutricional, a respeito de declínio da desnutrição e o aumento do sobrepeso/obesidade e da hipertensão e diabetes. Tornando-se a alimentação/nutrição um agente de proteção ou de risco (Xavier, 2021).

Com o intuito de que esses alimentos sejam eficazes, é necessário a utilização regular, sendo as principais fontes: frutas, verduras, cereais integrais, carne, leite de soja e alimentos ricos em ômega 3. Alguns componentes químicos que dão funcionalidade aos alimentos são: carotenóides, flavonóides, ácidos graxos, prebióticos, probióticos, fibras entre outros (Xavier, 2021).

Os alimentos funcionais se inserem na categoria de saudabilidade e bem-estar demonstrando a importância de se consumir esta categoria de alimentos.

Baseado nisso, os consumidores estão cada vez mais conscientes da importância da dieta para a saúde e tendem a preferir produtos alimentícios funcionais. Este trabalho tem como objetivo descrever os alimentos funcionais no Brasil, de acordo com a diversidade regional.

2 | REGIÃO NORTE DO BRASIL

A região Norte do Brasil se destaca pela presença de alimentos ricos em nutrientes e compostos bioativos, provenientes tanto do extrativismo quanto da agricultura familiar (Araújo *et al.,* 2024). A influência do bioma Amazônico na região contribui para o consumo desses alimentos, auxiliando no combate às deficiências nutricionais e na regulação do funcionamento do organismo (Rolim;Andrade, 2022). Contudo, muitos desses alimentos, embora ofereçam benefícios à saúde, permanecem pouco conhecidos pela população brasileira em geral.

- **Açaí**

O açaí (*Euterpe oleracea*) ou o açaí (*Euterpe precatoria*) originário do norte do país, se popularizou por ser altamente nutritivo e versátil, encontrado principalmente na região Amazônica. O fruto do açaizeiro é extraído de uma palmeira amazônica sendo de grande relevância para a economia da região, e destaca devido suas características sensoriais, nutricionais, e alto teor de compostos fenólicos, antocianinas e antioxidantes (Araújo *et*

al., 2024). Além disso, é composto de gorduras benéficas, como os ácidos linoleico e alfa-linolênico, que são benéficos para a saúde cardiovascular (Minighin *et al.*, 2023).

O açaí exerce efeitos terapêuticos significativos, em parte devido ao seu baixo teor de açúcar e à eficiente absorção de seus antioxidantes pelo organismo (Silva *et al.*, 2021). Nesse contexto, o açaí se apresenta como uma excelente opção alimentar, pois seu consumo está associado a diversos benefícios à saúde. Rico em minerais essenciais e antioxidantes, o fruto contribui para a prevenção de doenças, tornando-se importante sua inclusão a uma dieta equilibrada (Rolim ; Andrade, 2022).



Figura 1. Comercialização dos frutos do açaí (*Euterpe oleracea*)

Fonte: Oliveira e Faria-Neto (2004).

- **Camu-camu**

O Camu-camu (*Myrciaria dubia*) é uma fruta típica amazônica e se destaca pelo seu elevado valor nutricional contendo vários nutrientes como carboidratos, proteínas, lipídios, fibras, minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais (fenilalanina, treonina, valina e leucina) e ácidos graxos essenciais (ácido α-linolênico e ácido linoleico) (Araújo *et al.*, 2024).

Além disso, a fruta apresenta alto teor de fitoquímicos, como compostos fenólicos e vitamina C. Estima-se que a fruta contém 60 vezes mais vitamina C que o suco de laranja (15 mg/100 g) (Castro; Maddox; Imán, 2018).No que se refere aos compostos fenólicos, mais de 20 compostos já foram identificados no camu-camu, destacando-se a catequina, epicatequina, quercetina, luteolina, a rutina, ácido p -cumárico, ácido gálico, ácido elágico e a cianidina 3-glicosídeo (Cunha-Santos et al., 2022). Estudos apontam que a ingestão dessa fruta pode reduzir o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e doenças degenerativas, como o câncer (Rodrigues et al., 2020).



Figura 2. Frutos maduros de Camu-camu (*Myrciaria dubia*

Fonte: Nascimento (2022).

3 I REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

A região Nordeste do Brasil é rica em uma grande diversidade de frutas nativas e exóticas, muitas ainda pouco conhecidas e exploradas fora de suas áreas provenientes.

- **Ciriguela**

Uma espécie notável é a ciriguela (*Spondias purpurea* L.). A árvore, conhecida como cirigueleira, apresenta porte médio e pode atingir até 6 metros de altura. Seu fruto, de sabor excepcional, é amplamente apreciado no Nordeste, com demanda crescente para o consumo fresco, além de sucos, polpas e para as indústrias de sorvetes e doces (SOARES, 2011).

A ciriguela destaca-se por sua doçura e suculência, características marcantes que acompanham sua coloração amarelo-alaranjada ou avermelhada, quando totalmente madura. Nutricionalmente, trata-se de uma fruta bastante rica em carboidratos, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas hidrossolúveis (CHAVES et al., 2019). A análise físico-química da polpa de ciriguela revela uma boa acidez, alta atividade antioxidante e significativa presença de ácido ascórbico, conhecido popularmente como vitamina C. Além disso, a fruta contém uma concentração expressiva de carotenoides totais e compostos fenólicos, ambos com potencial funcional (SILVA FIGUEIREDO; LIMA, 2016).

Entre os compostos fenólicos encontrados na polpa da ciriguela estão o ácido gálico, ácido clorogênico, quercetina, rutina e kaempferol (ENGELS et al., 2012). Esses compostos

são potentes eliminadores de radicais livres e possuem elevado potencial antioxidante, devido ao alto número de grupos hidroxilas fenólicas (KUATE et al., 2010). No entanto, a atividade antioxidante dos frutos não pode ser atribuída apenas ao conteúdo de fenólicos, mas sim a uma combinação de diferentes compostos antioxidantes e aos possíveis efeitos sinérgicos e antagonistas entre eles (ALMEIDA et al., 2011).

Apesar da importância alimentar cultural da ciriguela, existe uma escassez de pesquisas voltadas para a valorização e a estruturação da cadeia produtiva, de modo a permitir a exploração racional em cultivos comerciais dessa fruta. Isso inclui a necessidade de selecionar matrizes produtivas cujos frutos apresentem características desejáveis tanto para o consumo fresco quanto para a indústria de alimentos (SACRAMENTO et al., 2007).



Figura 3. Frutos de Ciriguela(*Spondias purpurea*)

Foto: Shutterstock

- **Umbu**

A caatinga, um bioma, exclusivamente brasileiro, abriga uma diversidade de espécies de frutas nativas e exóticas, como o umbu (*Spondias tuberosa* Arr.), que, apesar de sua relevância na alimentação local, ainda é pouco estudado cientificamente (Camacam; Messias, 2022).

O umbu, pertencente ao gênero Spondias e típico da região Nordeste, é uma fruta pequena, com casca amarelo-esverdeada, rica em vitamina C, compostos bioativos e com alta capacidade antioxidante. É amplamente consumido e comercializado devido ao seu sabor agridoce e aroma marcante, desempenhando um papel significativo na sociedade (MOREIRA et al., 2021).

Economicamente, o umbu destaca-se como fonte de renda para agricultores que comercializam o fruto e seus derivados, como geleias, sorvetes e bebidas mistas, incentivando o consumo e a valorização dessa fruta (XAVIER et al., 2023). No meio ambiente, o umbu tem um papel crucial, pois seus frutos são produzidos durante a estação

seca, servindo de alimento para animais polinizadores e dispersores de sementes, fato que contribui para a preservação da biodiversidade local (Cangussu *et al.*, 2021).



Figura 4. Fruto do umbu (*Spondias tuberosa*)

Foto: Shutterstock

- **Cajá**

O cajá *(Spondias mombin* L.), também do gênero Spondias, é encontrado no nordeste do Brasil. Essa fruta, pequena e com casca fina, possui coloração amarelada, sabor agridoce e aroma atenuado. O cajá é uma fonte natural de carotenoides, vitaminas A e C, além de minerais como potássio. Também contém compostos bioativos e fibras dietéticas que ajudam a fortalecer o sistema imunológico, podendo prevenir ou até tratar algumas doenças (Tiburski *et al.*, 2011).

Além disso, o cajá tem uma importante função socioeconômica, sendo comercializado e utilizado no desenvolvimento de novos produtos que valorizam seus benefícios nutricionais e características sensoriais, altamente apreciadas pelos consumidores regionais do nordeste brasileiro (Rodrigues *et al.*, 2022).



Figura 4. Fruto do cajá (*Spondias mombin)*

Foto Shutterstock

4 I ALIMENTOS FUNCIONAIS DO CENTRO OESTE DO BRASIL

A região Centro-Oeste do Brasil, reconhecida por sua rica biodiversidade e diversidade agrícola, apresenta uma grande variedade de alimentos funcionais que estão profundamente enraizados na cultura alimentar local e se destacam por suas propriedades únicas e benefícios à saúde (MARTINS et al, 2020). Os alimentos funcionais do Centro-Oeste não só enriquecem a culinária regional, mas também são fundamentais para uma dieta saudável e equilibrada. Ao valorizar esses produtos, promove-se uma conexão mais próxima com a natureza e a cultura local, além de contribuir para a saúde individual e coletiva.

Como demonstrado na Figura 1, a região é composta pelos estados de Goiás - GO, Mato Grosso - MT, Mato Grosso do Sul - MS e o Distrito Federal - DF, é conhecida por sua rica biodiversidade, que inclui o Cerrado, Pantanal e áreas de transição com a Amazônia (VIEIRA; CAMILLO; CORADIN; 2018). Essa diversidade reflete-se na alimentação local, onde produtos nativos e cultivados possuem grande relevância. Além disso, a influência das culturas indígenas, africanas e europeias contribuiu para a formação de uma rica tradição gastronômica (Tisott; Schmidt; 2021).



Figura 5 Região Centro Oeste

Figura 5. Fonte: EMBRAPA (2024)

O território destaca-se como um dos principais polos de produção agrícola e pecuária do Brasil, com significativa contribuição para a exportação de soja, milho e carne bovina. Contudo, nos últimos anos, a valorização de alimentos nativos do Cerrado e práticas de manejo sustentável vêm ganhando maior visibilidade. Iniciativas voltadas para a proteção do bioma, o incentivo à agricultura familiar e a busca dos consumidores por alimentos saudáveis e nutritivos têm sido fundamentais para esse movimento (De Souza Junior et al, 2020).

A forma de preparo de carnes e o uso de muitos ingredientes típicos, como mandioca, milho e peixes, são heranças das populações indígenas, que habitam a região há séculos. Já a culinária pantaneira, por exemplo, faz uso extensivo de peixes e carnes de caça, o churrasco, muitas vezes feito em fogueiras improvisadas ao ar livre, é uma tradição dos fazendeiros e peões da região. Além de contar com as frutas do Cerrado, como o pequi, o baru e o araticum, que são essenciais na culinária regional, sendo aproveitadas em diversos preparos, tanto doces quanto salgados (Costa; Esquer; 2020).

- **Peixe**

Um prato típico de todo o centro-oeste é o peixe, um excelente exemplo de alimento funcional, devido sua rica composição nutricional. É uma fonte de proteínas que fornecem todos os aminoácidos essenciais necessários para a manutenção e reparo dos tecidos corporais, além dos ácidos graxos ômega-3 (EPA e DHA) que são conhecidos por sua ação anti-inflamatória e protetora do sistema cardiovascular. Os ômega-3, em particular, têm benefícios comprovados para a saúde cardiovascular, cérebro e sistema imunológico (Chiaravalloti; Catella; Siqueira; 2022; DE Matos *et al*, 2024).

Conta ainda em sua composição com vitaminas como a vitamina D, essencial para a saúde óssea, e as vitaminas do complexo B, importantes para o metabolismo energético, e os minerais essenciais como iodo, selênio e zinco, que desempenham papéis importantes no funcionamento da tireoide e no sistema imunológico. Além disso, o consumo de peixe pode melhorar o humor, beneficiar a saúde ocular, reduzir o risco de AVC e fortalecer o sistema imunológico (Cajado *et al*, 2020).

- **Pequi**

O pequi (*Caryocar brasiliense*) é uma fruta do cerrado, amplamente utilizada na culinária goiana e mato-grossense. É rica em compostos antioxidantes, como carotenoides e substâncias fenólicas (Faria Machado *et al.* 2015).

A porção lipídica presente tanto na polpa quanto na semente é composta majoritariamente por ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o ácido oleico (C18:1). Estes nutrientes ajudam na prevenção de doenças cardiovasculares e na saúde da pele. Estudos in vivo sobre o pequi demonstram seus efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios,

cardioprotetores, hepatoprotetores, antigenotóxicos e anticarcinogênicos (Nascimento-Silva; Naves, 2019).

As diferentes partes do pequi apresentam potencial para uso em indústrias como a farmacêutica (Baptista et al., 2018), cosmética (Amaral et al., 2014), alimentícia (Leão et al., 2018), e de biorrefinaria (Borges et al., 2020; Scapin *et a*l., 2020.

- **Castanha de baru**

A castanha de baru (*Dipteryx alata*) é uma oleaginosa que tem ganhado destaque por suas propriedades nutricionais e econômicas. Rica em proteínas, fibras e gorduras boas, especialmente os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, ela é uma excelente fonte de energia. Além de possuir compostos antioxidantes, como tocoferóis e polifenóis, que auxiliam na prevenção de doenças cardiovasculares e possuem efeito anti-inflamatório e ser rica em minerais como zinco, ferro, potássio e magnésio (Da Silva Lemos *et al.*, 2019).

Devido ao seu alto valor nutricional, a castanha de baru tem sido utilizada na indústria alimentícia para o desenvolvimento de produtos saudáveis, como barras de cereais, farinhas, óleos e pastas. Além do potencial alimentício, seu óleo também pode ser aproveitado nas indústrias cosmética e farmacêutica, devido às suas propriedades hidratantes e antioxidantes. A exploração sustentável da castanha de baru é uma importante fonte de renda para comunidades locais do Cerrado, além de contribuir para a conservação do bioma e da biodiversidade da região (Alarcon *et al.*, 2020; Alves-Santos; Fernandes; Naves, 2021).

- **Guavira e Araticum**

A guavira (*Campomanesia* spp.) e araticum (*Annona crassiflora*) são frutas ricas em vitamina C, fibras e compostos fenólicos e tem propriedades antioxidantes. Esses compostos ajudam a combater os radicais livres e a fortalecer o sistema imunológico, além de contribuir para a melhoria do trânsito intestinal e pode ajudar na prevenção de doenças degenerativas (Oliveira *et a*l., 2021; Bailão *et al.*, 2021).

5 I ALIMENTOS FUNCIONAIS NO SUDESTE DO BRASIL

Alguns alimentos funcionais possuem a maior produção na região sudeste, composta por quatro estados, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Está região é responsável por 40,87% de toda produção de frutas e hortaliças no país, de acordo com um estudo realizado pela Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). O mapa elaborado pela CNA mostra que 77,5% da produção de laranja está no estado de São Paulo, assim como 70,6% do limão. O alho, por exemplo, está fortemente presente nos

estados de Minas Gerais (39,8%) e 21,4% em São Paulo é a produção de tomate do país (Brasil, 2021). Esse crescimento tem sido impulsionado por avanços tecnológicos, práticas agrícolas inovadoras e maior conscientização sobre a importância de uma alimentação saudável (Zarei *et al*., 2019).

6 | DIVERSIDADE E POTENCIAL BIOATIVO DAS FRUTAS NATIVAS DO SUL DO BRASIL

- **Fruto da Palmeira Jussara (*Euterpe edulis Martius*)**

A palmeira Jussara, pertencente à família Arecaceae e gênero Euterpe, é uma palmeira amplamente distribuída na Mata Atlântica, encontrada principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia (Borges et al., 2011).

O fruto da Jussara contêm apenas uma semente marrom clara que é coberta por uma casca fina e seca, brilhante e roxa escura, devido ao seu alto teor de antocianinas, apresenta uma coloração quase preta quando madura (Figura 1) (Borges et al., 2011). A fruta geralmente é adicionada à água morna para separá-la das sementes, suavizando a casca, para produzir um suco roxo escuro muito espesso (Inada et al., 2015).

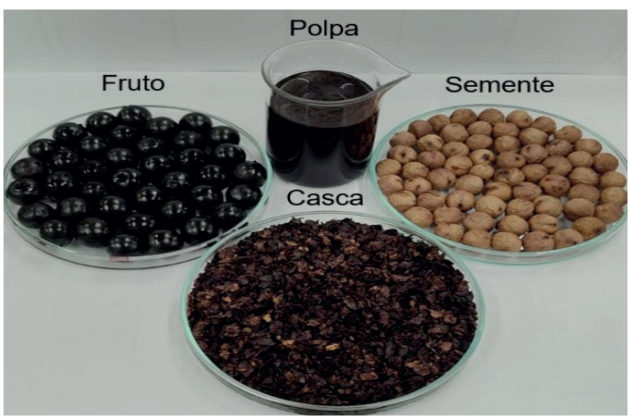


Figura 6 . Jussara (*Euterpe edulis M.*) e suas frações.

Fonte: Autores (2024)

Sua polpa pode ser utilizada para a produção de sucos e bebidas, sorvetes e geleias, entre outros produtos. É uma fruta tropical e exótica com grande potencial de consumo, apresentando perfis de flavonoides, ácidos fenólicos e ácidos graxos semelhantes ao do açaí (Borges et al., 2011; Carvalho et al., 2016). A cor roxa da polpa de Jussara é atribuída às antocianinas, principalmente cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo que podem ser utilizadas como corantes alimentares (Lacerda *et al*., 2016).

- **Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*)**

A guabiroba, também conhecida como gabiroba, é uma fruta nativa do sul do Brasil, particularmente prevalente nas regiões de Mata Atlântica e Cerrado. Pertencente ao gênero Campomanesia, esta fruta se destaca não apenas pelo seu sabor adocicado e agradável, mas também pelas suas propriedades bioativas e benefícios à saúde.

A diversidade regional da guabiroba é notável, com variações de cor que podem ser amarela, vermelha ou verde, dependendo da espécie e da região de cultivo. No sul do Brasil, a guabiroba é amplamente encontrada em estados como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Essa diversidade se reflete também no uso culinário da fruta, que pode ser consumida ao natural ou utilizada em diversas receitas, como sucos, geleias, molhos e licores. A guabiroba exemplifica como a biodiversidade brasileira pode oferecer alimentos ricos e nutritivos (Cardoso, C. A. L.; Catelan, T. B. S., 2021).

Do ponto de vista bioquímico, a guabiroba é rica em compostos bioativos, substâncias naturais que possuem efeitos benéficos à saúde. Entre os principais compostos presentes na guabiroba estão a vitamina C, essencial para a síntese de colágeno e para a saúde da pele, cabelos e sistema imunológico; os carotenoides, pigmentos naturais com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que protegem as células contra danos oxidativos; os flavonoides, conhecidos por suas propriedades antioxidantes que combatem os radicais livres e reduzem o risco de doenças crônicas; e as fibras, que auxiliam no bom funcionamento do intestino e na manutenção de níveis saudáveis de colesterol (Prestes *et al*., 2022).

O consumo regular de guabiroba pode proporcionar diversos benefícios à saúde. Devido à sua alta concentração de antioxidantes, a fruta ajuda a combater o envelhecimento precoce e a fortalecer o sistema imunológico. As fibras presentes na guabiroba são eficazes na promoção da saúde digestiva, prevenindo a constipação e ajudando a manter o equilíbrio dos níveis de colesterol no sangue. Além disso, a vitamina C e os carotenoides contribuem para a saúde cardiovascular e a prevenção de doenças crônicas (Alves *et al*., 2013). Em síntese, a guabiroba é uma fruta que combina sabor e saúde, representando a rica biodiversidade do sul do Brasil.

- **Jabuticaba (*Plinia cauliflora*)**

A jabuticaba, uma fruta nativa da Mata Atlântica e pertencente ao gênero Plinia. A jabuticaba é uma fruta pequena, de casca roxa escura e polpa branca, que cresce diretamente no tronco da árvore, característica que a torna facilmente identificável. Do ponto de vista bioquímico, a jabuticaba é rica em compostos bioativos, substâncias naturais que possuem efeitos benéficos à saúde (Soares *et al*. (2019). Entre os principais compostos presentes na jabuticaba estão as antocianinas, responsáveis pela cor roxa da casca e que possuem potentes propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, ajudando

a proteger as células contra danos oxidativos. A vitamina C, essencial para a síntese de colágeno, contribui para a saúde da pele, cabelos e sistema imunológico. Os taninos, com propriedades antioxidantes e adstringentes, ajudam a combater os radicais livres e a prevenir o envelhecimento precoce. Além disso, a jabuticaba é uma excelente fonte de fibras, que auxiliam no bom funcionamento do intestino e na manutenção de níveis saudáveis de colesterol (Paula *et al*., 2024)

O consumo regular de jabuticaba pode proporcionar diversos benefícios à saúde. Devido à sua alta concentração de antioxidantes, a fruta ajuda a combater o envelhecimento precoce e a fortalecer o sistema imunológico. As fibras presentes na jabuticaba são eficazes na promoção da saúde digestiva, prevenindo a constipação e ajudando a manter o equilíbrio dos níveis de colesterol no sangue. Além disso, as antocianinas e os taninos contribuem para a saúde cardiovascular e a prevenção de doenças crônicas.

7 I CONCLUSÂO

De acordo com os relatos inseridos neste estudo, descreve que diversidade regional do Brasil, com sua vasta riqueza de biomas e culturas alimentares, proporciona uma variedade única de alimentos funcionais com grande potencial para promover a saúde e o bem-estar.

É possível concluir que a valorização da diversidade regional, aliada à pesquisa científica, é chave para explorar todo o potencial desses alimentos no contexto de saúde pública e inovação em alimentos, contribuindo para o uso de tecnologias, métodos e processos robustos que favoreçam a produção e cultivo desses alimentos, tanto em maior quantidade quanto em melhor qualidade.

Contudo são necessárias novas pesquisas cientificas para identificar novos componentes funcionais de frutas e vegetais explorar seus compostos bioativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

REFERÊNCIAS

ALARCON, Rafael T. et al. Spectroscopic characterization and thermal behavior of baru nut and macaw palm vegetable oils and their epoxidized derivatives. **Industrial Crops and Products**, v. 154, p. 112585, 2020.

ALMEIDA, Maria Mozarina Beserra et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALVES, Aline Medeiros et al. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabiroba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 837-844, 2013.

ANJO, Douglas Faria Corrêa. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal vascular brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2020.

BAILÃO, Elisa Flávia Luiz Cardoso et al. Food Composition Data: Edible Plants in Cerrado. In: **Local Food Plants of Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 179-224.

BAKER, Mathew T. et al. Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 3, p. 1217, 2022.

BARREIRO, Nathalia Lanchin et al. Influência dos conhecimentos nutricionais e de alimentos funcionais nos hábitos alimentares de frequentadores de feira livre. **Revista Thema**, v. 19, n. 1, p. 79-94, 2021.

BEZERRA, Marcos Araújo Antonio et al. Qualidade de vida e qualidade do sono de idosos. **Revista Interdisciplinar Encontro das Ciências-RIECI ISSN: 2595-0959l**, v. 1, n. 2, p. 187-195, 2018.

BIAZOTTO, Katia Regina et al. Brazilian biodiversity fruits: discovering bioactive compounds from underexplored sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 7, p. 1860-1876, 2019.

BORGES, Mariana S. et al. Evaluation of residual biomass produced in Cerrado Tocantinense as potential raw biomass for biorefinery. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-12, 2020.

BORGES, Graciele Da Silva Campelo et al. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (Euterpe edulis) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2128-2133, 2011.

BRASIL. Guia nº 55, de 25 novembro de 2021.Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br Acesso em: 19 set. 2024.

CAIO, Giacomo et al. Celiac disease: a comprehensive current review. **BMC medicine**, v. 17, p. 1-20, 2019.

CHAVES, Camila de Carvalho et al. Análises físico-químicas, fenólicos e antioxidantes de polpa de ciriguela (Spondias purpurea L.). **Hig. aliment**, p. 1224-1228, 2019.

CAJADO, Ruineris Almada et al. Efeito das características limnológicas dos rios Tapajós e Amazonas sobre a variabilidade na composição e abundância das larvas de peixes (Pará-Brasil). **Journal of Applied Hydro-Environment and Climate**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2020.

CAMACAM, Bruno Luiz Macedo; DE OMENA MESSIAS, Cristhiane Maria Bazílio. Potencial alimentar de frutas e plantas da caatinga: revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e39911931997-e39911931997, 2022.

CAMARGO BARROS, A. Mercado de trabalho do agronegócio no centro-oeste: a importância do setor para o dinamismo regional. Revista de Economia e Agronegócio, v.18), p. 1-20, 2020

CANGUSSU, Laís B. et al. Chemical characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from umbu (Spondias tuberosa A.) fruit peel and pulp flours. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2597, 2021.

CAÑAS, Gustavo JS; BRAIBANTE, Mara EF. A química dos alimentos funcionais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 216-223, 2019.

CARDOSO, Claudia Andrea Lima; CATELAN, Taline Baganha Stefanello. Campomanesia adamantium, C. pubescens, C. xanthocarpa, C. guazumifolia and C. sessiliflora. **Fruits of the Brazilian Cerrado: Composition and Functional Benefits**, p. 35-52, 2021.

DA SILVA CARVALHO, Ana Gabriela et al. Physical properties and morphology of spray dried microparticles containing anthocyanins of jussara (Euterpe edulis Martius) extract. **Powder Technology**, v. 294, p. 421-428, 2016.

CASTRO, Juan C.; MADDOX, J. Dylan; IMÁN, Sixto A. Camu-camu—Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh. In: **Exotic fruits**. Academic Press, 2018. p. 97-105.

CHIARAVALLOTI, Rafael Morais; CATELLA, Agostinho; SIQUEIRA, Andre Luiz. Pesca profissional artesanal no pantanal sul: histórico, manejo dos recursos e recomendações para a sustentabilidade. **Biodiversidade Brasileira**, v. 12, n. 2, 2022.

COLOMBO, Francesca et al. Botanicals in functional foods and food supplements: Tradition, efficacy and regulatory aspects. **Applied Sciences**, v. 10, n. 7, p. 2387, 2020.

CUNHA-SANTOS, Elenice Carla Emidio et al. Optimization of phenolic compounds extraction of different parts of camu-camu fruit from different geographic regions. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 77, n. 3, p. 340-344, 2022.

CRUZ, Gabriela Lopes da et al. Alimentos ultraprocessados e o consumo de fibras alimentares no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4153-4161, 2021.

DA SILVA, J.G. et al. Potential of Brazilian berries in developing innovative, heathly, and sustainable food products. Sustainable Food Tecnology, v. 2. n. 3, p. 506-530, 2024.

ARAUJO et al. Potential of Brazilian berries in developing innovative, healthy, and sustainable food products. **Sustainable Food Technology**, 2024.

DA SILVA LEMOS, Laís Candelaria et al. Avaliação sensorial, microbiológica e dos compostos bioativos de biscoito tipo cookie desenvolvido com bagaço de cerveja e castanha de baru. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31030-31041, 2019.

DA SILVA, R; DANTAS, I. M. S.; RAMALHO, H. M. M.; DOS ANJOS, G. C.; MACIEL, M. A. M. Alimentos funcionais e suas importâncias nutricionais para doentes celíacos. Pesquisas e Abordagens Educativas em Ciências da Saúde, Editora: Amplla, v. 1, Capítulo XXXVIII, 2022, p. 503-522.

DE ARAÚJO, L. B. A.; DOS ANJOS, G. C.; RAMALHO, H. M. M.; MACIEL, M. A. M. Potencialidades agroindustrial e multifuncional de Anacardium occidentale Linn. As Ciências Agrárias e seus Impactos na Sociedade, Ed. Catapan, E. A., v. 3, Capítulo 23, Editora: Brazilian Journals, 2020, p. 308-331.

DE SOUZA JUNIOR, Marcello Luiz et al. Mercado de trabalho do agronegócio no centro-oeste: a importância do setor para o dinamismo regional. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2020.

DÍAZ, Laura Domínguez; FERNÁNDEZ-RUIZ, Virginia; CÁMARA, Montaña. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. **Journal of Functional Foods**, v. 68, p. 103896, 2020.

ENGELS, Christina et al. Characterization of phenolic compounds in jocote (Spondias purpurea L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 557-562, 2012.

EMBRAPA. Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-centro-oeste Acesso em : 15 de setembro de 2024.

FARIA-MACHADO, Adelia F. et al. Discrimination of pulp oil and kernel oil from pequi (Caryocar brasiliense) by fatty acid methyl esters fingerprinting, using GC-FID and multivariate analysis. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 45, p. 10064-10069, 2015.

Foto Caja Disponível em: https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ser-saude/caja-conheca-a-fruta-e-os-beneficios-do-consumo-1.3128284 Acesso em 20 de setembro de 2024.

Foto Ciriguela Disponível em: https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ser-saude/seriguela-veja-origem-e-beneficios-da-fruta-1.3129521Acesso em 20 de setembro e 2024.

Foto Umbu Disponível em :https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ser-saude/umbu-o-que-e-e-quais-os-beneficios-do-fruto-1.3134933

GIL, Yajaira De Los Angeles Correa; PICCOLI, Cilda; STEFFENS, Clarice. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química de bolos à base de abóbora de pescoço (Cucurbita moschata). **Revista da Associação Brasileira de Nutrição-RASBRAN**, v. 10, n. 1, p. 109-116, 2019.

HOFFMANN, Rodolfo. Insegurança alimentar no Brasil após crise, sua evolução de 2004 a 2017-2018 e comparação com a variação da pobreza. **Segurança alimentar e nutricional**, v. 28, p. e021014-e021014, 2021.

INADA, Kim Ohanna Pimenta et al. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jabuticaba (Myrciaria jaboticaba) and jussara (Euterpe edulis) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 422-433, 2015.

KUATE, D. et al. Antioxidant characteristics of Dichrostachys glomerata spice extracts Caracteristicas antioxidantes de los extractos de la especia Dichrostachys glomerata. **CyTA–Journal of Food**, v. 8, n. 1, p. 23-37, 2010.

LACERDA, Ellen Cristina Quirino et al. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate polymers**, v. 151, p. 500-510, 2016.

MARTINS, Adalgisa Paula de Oliveira et al. Factors affecting the consumption of organic and functional foods in Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 938-943, 2020.

MINIGHIN, Elaine Carvalho et al. Açai (Euterpe oleracea) e suas contribuições para alcance da ingestão diária aceitável de ácidos graxos essenciais. **Research, Society and Development**, 2020.

MOREIRA, Marcílio Nunes et al. Perfil fitoquímico e propriedade antioxidante de diferentes genótipos de frutos do umbuzeiro (Spondias tuberosa Arruda Câmara): uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e58101623116-e58101623116, 2021.

NASCIMENTO, M. O. Plantas para o Futuro - Região Norte Myrciaria dubia Camu-camu. Embrapa Amazônia Oriental . 2022.

NASCIMENTO-SILVA, Nara Rubia Rodrigues Do; NAVES, Maria Margareth Veloso. Potential of whole Pequi (Caryocar spp.) fruit—pulp, almond, oil, and shell—as a medicinal food. **Journal of Medicinal Food**, v. 22, n. 9, p. 952-962, 2019.

OLIVEIRA, D. H. DE S. et al. A importância de uma alimentação saudável como forma de aumento da imunidade através das vitaminas e minerais. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e103101220305, 14 set. 2021.

OLIVEIRA, M.S.P.; FARIAS-NETO, J.T. Cultivar BRS Pará: açaizeiro para produção de frutos em terra firme. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2004.

DE LIMA PAULA, Priscila et al. Jabuticaba (Plinia cauliflora): uma revisão de literatura sobre sua composição química e atividades biológicas. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 27, n. 1Supl, p. 162-179, 2024.

PRESTES, A. A. et al. Potential properties of guabiroba (Campomanesia xanthocarpa O. Berg) processing: a native brazilian fruit. 2022.

RODRIGUES, Thais Jaciane Araujo et al. Production and shelf-life study of probiotic caja (Spondias mombin L.) pulp using Bifidobacterium animalis ssp. lactis B94. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1838, 2022.

ROLIM, Cintia Cury; ANDRADE, Jerusa Souza. Dieta saudável na Amazônia com nutrientes e substâncias bioativas partir dos frutos tropicais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e521111537494-e521111537494, 2022.

SCAPIN, Elisandra et al. Production of furanic compounds and organic acids from Brazilian Pequi (Caryocar brasiliensis Camb.) residues using green chemistry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, p. 1383-1391, 2020.

SACRAMENTO, C.K.; MATOS, C.B.; SOUZA, C.N.; BARRETTO, W.S.; FARIAS, J.C. Características físicas, físico-químicas e químicas de cajás (Spondias mombin L.) oriundos de diversos municípios da Região Sudeste da Bahia. Revista Magistra, v.19, n.4, p. 283-289, 2007.

MACIEL-SILVA, Francisco W. et al. Sustainable development in the Legal Amazon: energy recovery from açaí seeds. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 15, n. 4, p. 1174-1189, 2021.

DA SILVA, Rosildo et al. Caracterizações físico-químicas de manihot esculenta crantz suplementada com ipomoea batatas (l.) Lam. E análise sensorial de cookies elaborados com a biomassa suplementada. In: **ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. Editora Científica Digital, 2021. p. 192-214.

SILVA, Quésia Jemima da; FIGUEIREDO, Flávia Jamille de; LIMA, Vera Lúcia Arroxelas Galvão de. Características físicas e químicas de cirigueleiras cultivadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, p. 285-290, 2016.

SOARES, Dayane Santos Conceição et al. Research and development on jabuticaba (Myrciaria Cauliflora): overview on academic research and patents. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 1005-1010, 2018.

TIBURSKI, Júlia Hauck et al. Nutritional properties of yellow mombin (Spondias mombin L.) pulp. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.

TISOTT, Sirlei Tonello; SCHMIDT, Verônica. Expansão e intensificação das culturas agrícolas no Bioma Cerrado na Região Centro-Oeste do Brasil. **Brazilian Journal of Business**, v. 3, n. 3, p. 2280-2294, 2021.

VIEIRA, Roberto Fontes; CAMILLO, Julcéia; CORADIN, Lidio (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro-Região Centro-Oeste**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018.

XAVIER, Viviane L. et al. Nutritional and technological potential of Umbu (Spondias tuberosa Arr. Cam.) processing by-product flour. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, p. e20200940, 2022.

XAVIER, Raysa Marreiros et al. A importância da intervenção alimentar e nutricional domiciliar em idosos portadores de diabetes mellitus tipo ii The importance of home-based food and nutrition intervention in elderly people with type ii diabetes mellitus. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 5, p. 19588-19605, 2021.

ZAREI, Mohammad Javad; KAZEMI, Navab; MARZBAN, Afshin. Life cycle environmental impacts of cucumber and tomato production in open-field and greenhouse. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 249-255, 2019.

CAPÍTULO 2

BIOACTIVE VOLATILE COMPOUNDS OF GINGER LEAVES: A NOVEL PERSPECTIVE FOR AN UNDER-INVESTIGATED MATERIAL

Data de submissão: 06/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Patrícia Weimer
Departamento de Produção e Controle de Medicamentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/7199119376512351.

Josué Guilherme Lisbôa Moura
Departamento de Produção e Controle de Medicamentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/8871364544401478.

Tamara Cristina Melz
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/1708713544542890.

Valmor Ziegler
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/5138207824433367.

Tamise Garcia de Andrade
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/0579341214990837.

Amanda Zimmermann dos Reis
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/2384360303687715.

Cintia Regina Vaz
Escola da Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4187229511756183.

Vanessa Mossmann
Departamento de Produção e Controle de Medicamentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/1254966125998416.

Morgana Aline Weber
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/0791494330915922.

Rochele Cassanta Rossi
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/0627260486404735.

ABSTRACT: For centuries, the rhizome of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) has been used for therapeutic purposes. In contrast, the aerial parts of this plant have received comparatively little attention. This study aimed to evaluate the essential oil of ginger leaves (EOL), with respect to both chemical composition and *in vitro* antioxidant, antibacterial, and cytotoxic activities. GC-MS analysis identified the presence of 14 compounds, among which the major compounds were beta- pinene (67.9%), eucalyptol (9.9%), and beta-phellandrene (9.5%). In vitro antioxidant assays revealed IC50 values of 2702.7 and 2512.6 μg/mL for DPPH and ABTS radicals, respectively. The EOL also showed good cytotoxicity against colorectal adenocarcinoma cell line, and at 600 μL/mL inhibited 39.33% of the cells. Furthermore, in disc diffusion assays, the EOL showed best performance against Pseudomonas aeruginosa. Collectively, the results indicate that ginger EOL has considerable bioactivity and may have application potential as a functional ingredient, providing health benefits.
KEYWORDS: Essential oil; *Zingiber officinale*; Leaves; Cytotoxicity activity; Functional ingredient.

1 I INTRODUCTION

Ginger essential oil (EO), extracted from the rhizomes of *Zingiber officinale* Roscoe, has been extensively investigated by researchers worldwide, with the antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, anti-ulcer, and immunomodulatory effects of this oil being confirmed in both experimental and preclinical studies (1–3). The safety issues regarding the use ginger rhizome oils are well documented, and these oils are generally considered to be safe (4). In contrast, however, there has been comparatively limited research on the EO derived from the aerial parts of ginger, notably leaves, although studies on leaf extracts have yielded promising findings. Nonetheless, at present, following harvest processing, the leaves of ginger are typically used for little more than composting.

In numerous spheres of everyday life, there is a growing challenge to use natural resources more rationally, thereby minimizing negative impacts on the environment and reducing waste production. Research has shown that a considerable fraction of the waste generated by humans can be recycled, and that organic materials, such as the leaves, peels, and stems of vegetables, can be used to varying extents in human food (5,6). In this

regard, the complete or partial use of the discarded parts of food to obtain colorings and flavorings, has been adopted as a sustainable practice. Given these considerations and the relative paucity of relevant studies, it would be of considerable interest, both academically and practically, to discover whether ginger leaf EO (EOL) contains bioactive compound.

To the best of our knowledge, there have been no studies that have investigated the application of ginger EOL as a potential source of functional constituents. In this study, we accordingly sought to evaluate the *in vitro* biological potential of ginger EOL in conjunction with an elucidation of its phytochemical profile, and based on our findings, propose the use of a ginger by-product as a novel source for the extraction of bioactive constituents.

2 I MATERIAL AND METHODS

2.1 Chemical and reagents

All reagents were analytical grade. The substances ABTS, DPPH, MTT, and alkane standard solution (C8-C20) were purchased from Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA). Ultrapure water was obtained from a Milli-Q® reverse osmosis system (Merck Millipore, Darmstadt, Germany). The cell culture reagents, McCoy's 5A medium, HBSS (Hank's balanced salt solution), fetal bovine serum (FBS), trypsin, and penicillin/streptomycin (100 U/mL, 100 μg/mL) were purchased from Gibco (Grand Island, USA). For the disc diffusion assay were used: Muller Hinton agar (MHA) from Kasvi (Paraná, Brazil) and sodium chloride from Synth (São Paulo, Brazil).

2.2 Plant material and isolation of essential oil

EO was obtained from the fresh and organic leaves of *Zingiber officinale* Roscoe, grown in southern Brazil (Rio Grande do Sul, 29.5821 S, 51.0944 W). A voucher specimen has been deposited under the registration number PACA-AGP 95364 at Herbarium Anchieta PACA of Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil. The scientific name was checked in The Plant List Database (http://www.theplantlist.org). The plant material was submitted to hydrodistillation by a continuous process using Clevenger apparatus for 3 h, as described by the Brazilian Pharmacopoeia (7). The EO was stored in amber glass vial and maintained at -18 °C until analysis.

2.3 GC-MS analysis

The EO was analyzed using a Shimadzu GC-2010 Plus and a Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra equipped with a Shimadzu autoinjector AOC-20i. The compounds were separated using a Rtx- 5MS capillary column (30 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 μm, Thames Restek, UK). Injector and detector temperatures were set at 220 and 250 °C,

respectively. Column temperature was programmed at 80°C for 3 min, from 80 °C to 220 °C at a rate of 4 °C/min, and kept at 220 ºC for 10 min. Helium (99.999%) was used as carrier gas with a constant flow rate of 1.5 mL/min. For MS detection, an electron ionization mode with ionization energy of 70 eV was used. Injector and MS transfer line temperatures were set at 220 and 290 °C, respectively. A sample of 1.0 μL (EOL diluted in ethyl ether) was injected, using split mode (split ratio, 1:40). The composition was reported as a relative percentage of the total peak area.

2.4 Identification of essential oil components by GC-MS

To perform the Relative Index (RI), the identification of ginger EOL components was based on a comparison of their retention indices relative a homologous series of *n*-alkanes (C8-C20). The calculated RIs were compared with published data and spectra of authentic compounds. Further, all compounds were identified and authenticated using their MS data compared to the NIST11 mass spectral library and published mass spectra (8).

2.5 In vitro radical scavenging

To evaluate the antioxidant activity of ginger EOL, we performed two assays based on scavenging of the radicals $ABTS^{\cdot+}$ and $DPPH^{\cdot}$. The ABTS assay was performed in ethanolic medium according to the protocol described by Re et al. (1999). The concentration of EO assayed ranged from 0.00 to 4000.0 μg/mL, with the antioxidant activity being detected after a 30-min reaction at 734 nm using a SpectraMax M5 spectrophotometer (Molecular Devices, CA). DPPH scavenging activity was determined by assaying EO in a methanolic medium at concentrations ranging from 0.0 to 3000.0 μg/mL, using the method described by Brand-Williams et al. (1995). The absorbance of samples was measured at 517 nm after a 30-min reaction (9,10).

Both tests were performed in triplicate and the respective antioxidant concentrations required to scavenge 50% of the radicals (IC_{50}) were determined from linear curves obtained from plots of percentage radical inhibition against EO concentration (µg/mL).

2.6 Cell culture and MTT cytotoxicity assay

Cells of the HT-29 colorectal adenocarcinoma cell line (ATCC® HTB38™) were cultivated in McCoy's medium supplemented with 10.0% v/v fetal bovine serum and 1.0% v/v antibiotics (100 U/mL penicillin/100 μg/mL streptomycin). The cells were maintained at 37 °C in a humidified atmosphere containing 5.0% CO_2.

The *in vitro* cytotoxic potential of the ginger EOL was determined using the MTT assay (11) with minor modifications. Briefly, 96-well plates were seeded with 100 μL of medium containing 1.5×10^5 cells/well. After 24 h, the medium was replaced with 100 μL

of serially diluted EOL (100.0 to 600.0 μL/mL) and incubated for a further 24 h. Thereafter, 10 μL of MTT solution (5.0 mg/mL) was added to each well and the plates were incubated at 37 °C for a further 4 h. The medium was then removed and 100 μL of dimethyl sulfoxide (DMSO) was added, and the absorbance of each well was determined using a SpectraMax M5 spectrophotometer at 570 nm. A solution of medium containing 3% v/v DMSO served as a positive control, and cells cultured in the absence of EOL were used as negative controls. Percentage cytotoxicity was calculated, and the results were expressed as the concentration of EOL capable of inhibiting cell growth by 50% (IC_{50}). Each experimental condition was analyzed in triplicate, with three separate experiments performed for each EO.

2.7 Disc diffusion assay

The antibacterial effect of ginger EOL against a panel of selected pathogenic bacteria was examined using the agar disc diffusion method described by Bauer et al. (1966) and adapted by the Clinical and Laboratory Standards Institute (12,13). The panel comprised the following seven clinical or commercial bacterial strains: *Bacillus cereus* (ATCC® 11778™), *Enterococcus faecalis* (ATCC® 19433™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC® 25923™), *Clostridium perfringens* (ATCC® 13124™), *Escherichia coli* (ATCC® 8739™), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC® 27853™), and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* (ATCC® 14028™). The bacteria were cultured for 24 h at 37 °C in Mueller–Hinton aga (MHA) medium. The working inoculum was prepared in 0.85% w/v sodium chloride solution, with turbidity being adjusted to 0.5 on the McFarland scale and confirmed spectrophotometrically at 600 nm with absorbance values of 0.1 (± 0.01).

One-hundred microliters of the incubated bacterial suspensions was spread on plates containing MHA medium, onto which was placed a 6-mm-diameter paper disc infused with 5 µL of ginger EOL. After incubation at 37 °C for 24 h, the diameters of the zones of inhibition (IZD; mm) around the discs were measured using a ruler.

2.8 Statistical analysis

Statistical analyses were performed by GraphPad Prism software (version 6.0), with ANOVA-one way with post-hoc Tukey test for *in vitro* cytotoxicity assay. The significance level was set at 5.00%.

3 I RESULTS AND DISCUSSION

In this study, we detected 14 compounds in the examined samples of ginger leaf EOL, which were predominantly monoterpene hydrocarbons (83.61%) and oxygenated monoterpenes (11.67%) (Table 1). Among these, the major compounds identified were beta-

pinene (67.9%), eucalyptol (9.9%), and beta-phellandrene (9.5%), with smaller amounts of beta-caryophyllene (4.3%), limonene (2.7%), and beta-myrcene (2.0%). Other constituents were detected at only trace levels <1.00%. However, we were unable to detect the presence of the zingiberene marker compound that is commonly found in the EO of ginger rhizomes (1).

Peak	Compound	RT	RI	MW (g/mol)	Area (%)
1	beta-phellandrene	4.128	-	136	9.5
2	beta-pinene	4.229	-	136	67.9
3	beta-myrcene	4.375	-	136	2.0
4	delta-3-carene	4.987	1023	136	0.31
5	limonene	5.267	1035	136	2.7
6	eucalyptol	5.356	1038	154	9.9
7	trans-beta-ocimene	5.652	1050	136	0.32
8	gamma-terpinene	5.982	1064	136	0.70
9	terpinolene	6.768	1086	136	0.18
10	borneol	9.032	1172	154	0.40
11	terpinen-4-ol	9.364	1183	154	0.94
12	alpha-terpineol	9.757	1196	154	0.43
13	beta-caryophyllene	16.951	1375	204	4.3
14	ledol	17.995	1459	222	0.43
				Total identified	**100.01**
				Monoterpene hydrocarbons	83.61
				Oxygenated monoterpens	11.67
				Sesquiterpenes hydrocarbons	4.3
				Oxygenated sesquiterpenes	0.43

RT: retention time; RI: relative index (experimental values); MW: molecular weight.

Table 1. Chemical composition of *Z. officinale* leaves essential oil.

Mostafa et al. (2018) have reported the presence of 90 constituents in ginger EOL, the most prominent of which are methyl cinnamate (29.21%), beta-pinene (8.59%), and terpinolene (7.46%), whereas the content of eucalyptol, which we found to be relatively high, was only 1.8%. Sivasothy et al. (2011) reported the presence of 46 constituents in ginger EOL, among which beta-caryophylene (31.7%), geranial (13.1%), and alpha-pinene (4.1%) predominated. However, in contrast to the findings of the present study, these authors detected relatively lower levels of beta-pinene (2.0%), eucalyptol (0.7%), and beta-phellandrene (2.6%) (14). Notably, the content of beta-pinene detected in the present study is considerable higher than that reported in all previous studies on ginger EO, which have tended to indicate that this substance is not commonly found among the major constituents of ginger EO (1).

In the present study, we found that the extracted ginger EOL showed considerable antioxidant activity, with and IC_{50} values of 2702.7 μg/mL and 2512.6 μg/mL for DPPH and ABTS, respectively. Apparently, ginger EOL has a lower antioxidant capacity, in both techniques (4). These results are consistent, given that in the present and previous studies, no molecules containing hydroxyl groups were detected among the major compounds.

The *in vitro* cytotoxicity of ginger EOL was evaluated in a colorectal adenocarcinoma cell line (HT-29). As indicated in Figure 1, all treatment groups showed equivalent cell viability, with no statistical differences detected among cells exposed to EOL in the applied concentration range (100.0 to 600.0 μL/mL). The estimated IC_{50} value was 590.1 μL/mL. In terms of mortality, only cells treated with 100.0 μL/mL EOL differed significantly from the 3% v/v DMSO positive control ($p<0.05$). The results of our disc diffusion assay indicated that the ginger EOL may have some antibacterial potential. Whereas the EOL did not show antibacterial activity against *S. aureus*, *C. perfringes*, *E. coli*, *E. faecalis*, or *S. enterica* activity (IZD = 6.0 mm), we did detect some activity against *B. cereus* (IZD = 8.0 mm) and more notably against *P. aeruginosa* (IZD = 17.0 mm). In this regard, it is probable that the action of this EO is dose-dependent, and it is also conceivable that the therapeutic target is not the cell wall. Further investigations of the activities of these oils against other food-borne pathogens should accordingly be conducted.

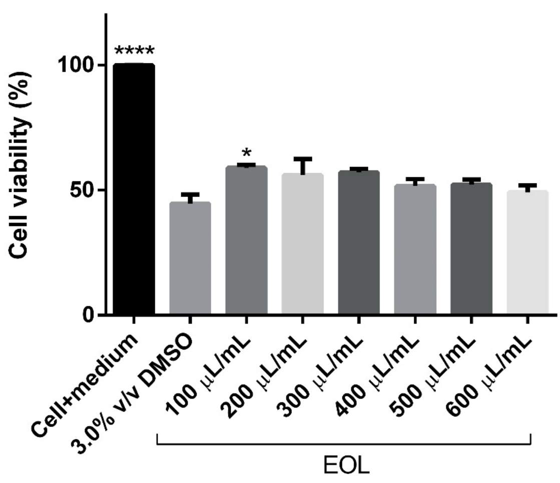


Figure 1. *In vitro* cytotoxicity data in HT-29 cell line (n=6/group, in triplicate). Groups: Control (cell + medium), 3.0% v/v DMSO (positive death control); Treatments (EOL μL/mL). Statistical analysis: ANOVA, post hoc Tukey test (****) $p<0.0001$, (*) $p<0.05$ compared to positive death control.

In an *in vitro* assay using *Streptococcus mutans*, Mostafa et al. (2018) reported a minimum inhibitory concentration value of 62.5 μL/mL for a nano-emulsion of ginger EOL, which is equivalent to 0.61 μL/mL of the pure EO. Although the vehicle control (blank

nano-emulsion) did not show antibacterial activity, it should be noted that nanostructured materials facilitate permeation. Consistent with our observations, on the basis of evaluations of antibacterial activities using the micro-dilution technique, Sivasothy et al. (2011) observed no pronounced antibacterial activity, with both leaf and rhizome oils showing only moderate activity against the gram-positive *Bacillus licheniformis*, *Bacillus spizizenii,* and *S. aureus*, and gram-negative *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae,* and *Pseudomonas stutzeri*.

However, these findings tend to contrast with those reported elsewhere, which have indicated that the ginger rhizome EO may exhibit higher antibacterial activity (1). In the present study, we observed the selective action of ginger EOL against specific bacterial strains, which may be of relevance with respect to potential practical applications. For example, ginger EOL could be used as a preservative in beverages derived from fermented grains, which can become contaminated with *B. cereus*. These findings may thus be of interest to the scientific community that is dedicated to the development of functional foods, for which a primary objective is to identify functional constituents that can be used replace synthetic products, which are also safe (as confirmed by *in vitro* and *in vivo* toxicological tests) and can be sourced from waste by-products of the food industry.

4 I CONCLUSIONS

In this pioneering study, we demonstrated the *in vitro* radical scavenging ability, cytotoxicity, and antibacterial activity of an essential oil isolated from the leaves of ginger. However, to establish whether this oil has chemoprotective activity, further studies, including those using animal models, will be necessary. Nevertheless, our findings indicate that ginger leaf essential oil has potential utility as a functional constituent of a range of commercial products, as well as contributing to the exploitation of a by-product material that is currently discarded as waste.

REFERENCES

ADAMS, RP. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. 4th ed. Carol Stream, Illinois: Allured Pub Corp; 2007. 804 p.

BAUER, AW; KIRBY, WMM; SHERRIS, JC; TURCK, M. **Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method**. Am J Clin Pathol. 1966;45(4):493–6.

BERISTAIN-BAUZA, SDC; HERNÁNDEZ-CARRANZA, P, CID-PÉREZ, TS; ÁVILA-SOSA, R; RUIZ-LÓPEZ, II; OCHOA-VELASCO, CE. **Antimicrobial Activity of Ginger (Zingiber officinale) and Its Application in Food Products**. Food Rev Int [Internet]. 2019;35(5):407–26. Available from: https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1573829.

BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, ME; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**. LWT - Food Sci Technol. 1995;28(1):25–30.

BRAZIL. **Métodos de Farmacognosia**. In: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), editor. Farmacopeia Brasileira [Internet]. 6th ed. Brasília - DF; 2019. p. 311–39. Available from: http://portal.anvisa.gov.br

CLSI. **M02-A12 -Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests** [Internet]. 12th ed. Wayne: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2015. 15 p. Available from: https://clsi.org/media/1631/m02a12_sample.pdf

FLORIANO, R de F. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de pasta de amendoim elaborada com ingredientes prebióticos.** Brazilian J Dev. 2020;6(3):13713–26.

GOUVEA, IFS; MACIEL, MPR; CARVALHO, EEN; BOAS, BMV; NACHTIGALL, AM. **Physical and chemical characterization of beet stalk flour**. Brazilian J Dev. 2020;6(3):15814–23.

MAHBOUBI, M. **Zingiber officinale Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity**. Clin Phytoscience. 2019;5(1):1–12.

MOSMANN, T**. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays**. J Immunol Methods. 1983;65(1–2):55–63.

MUNDA, S; DUTTA, S; HALDAR, S; LAL, M. **Chemical Analysis and Therapeutic Uses of Ginger (Zingiber officinale Rosc.) Essential Oil: A Review**. J Essent Oil Bear Plants. 2018;21(4):994–1002.

RE, R; PELLEGRINI, N; ANNA, P; PANNALA, A; YANG, M; RICE-EVANS, C. **Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical.** 1999;26(98):1231–7.

SIVASOTHY, Y; SIVASOTHY, Y; CHONG, WK; ELDEEN, IMS. **Essential oils of Zingiber officinale var rubrum Theilade and their antibacterial activities**. Food Chem. 2011;124(2):514–7.

SRINIVASAN, K. **Ginger rhizomes (Zingiber officinale): a spice with multiple health beneficial potentials: A spice with multiple health beneficial potentials**. Pharmanutririon. 2017;5(1):18–28.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: REVESTIMENTO DE FÉCULA DE MANDIOCA PARA ABACAXIS FATIADOS

Data de submissão: 08/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Maria Eduarda Barreto Bezerra
Mestranda do Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFRPE/Sede

Raquel Araújo Vieira
Mestranda do Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFRPE/Sede

Suzana Maria de Oliveira Guerra Costa
Mestranda do Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFRPE/Sede

José Carlos de Andrade Alves
Mestrando do Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFRPE/Sede

Natalia Rafaela Silva Araújo
Mestranda do Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFRPE/Sede

RESUMO: O estudo visa desenvolver um revestimento comestível para prolongar a vida útil de abacaxis, utilizando fécula de mandioca. O aumento da popularidade de frutas minimamente processadas levou à busca por alternativas sustentáveis aos filmes plásticos tradicionais usados na indústria alimentícia. Os revestimentos comestíveis são uma técnica promissora para reduzir a perda de umidade e deterioração das frutas. O experimento foi conduzido no laboratório de análises físico-químicas da UFRPE em Recife/PE, utilizando abacaxis maduros tratados com soluções de fécula de mandioca em concentrações de 1%, 2% e 3%. As frutas foram analisadas quanto à perda de massa, textura, atividade de água, pH, acidez e sólidos totais durante 6 dias. Os resultados mostraram que as amostras tratadas com fécula de mandioca apresentaram maior perda de massa em comparação ao grupo controle, possivelmente devido à sinérese do amido gelificado. A textura das amostras não apresentou diferenças significativas em relação ao controle, apesar de variações iniciais. A atividade de água aumentou em todas as amostras, indicando um possível processo fermentativo. O pH e a acidez total variaram, com as amostras com 1% e 3% de fécula mostrando maior estabilidade. No entanto, a acidez foi maior nas amostras tratadas em comparação ao controle. A análise de sólidos totais revelou que todos os grupos apresentaram resultados similares ao final do experimento. Em

resumo, os revestimentos de fécula de mandioca, independentemente da concentração, não foram eficazes em aumentar significativamente a vida de prateleira dos abacaxis fatiados.
PALAVRAS-CHAVE: Revestimento comestível, abacaxi, bebidas, análises físico-químicas.

ABSTRACT: The study aims to develop an edible coating to extend the shelf life of pineapples using cassava starch. The increasing popularity of minimally processed fruits has led to a search for sustainable alternatives to traditional plastic films used in the food industry. Edible coatings are a promising technique to reduce moisture loss and deterioration of fruits. The experiment was conducted at the physicochemical analysis laboratory of UFRPE in Recife, using ripe pineapples treated with cassava starch solutions at concentrations of 1%, 2%, and 3%. The fruits were analyzed for mass loss, texture, water activity, pH, acidity, and total solids over 6 days. The results showed that pineapples treated with cassava starch had a higher mass loss compared to the control group, possibly due to the syneresis of the gelled starch. The texture of the samples did not show significant differences from the control, despite some initial variations. Water activity increased in all samples, indicating a possible fermentative process. pH and total acidity varied, with 1% and 3% starch samples showing greater stability. However, acidity was higher in the treated samples compared to the control. The total solids analysis revealed similar results across all groups by the end of the experiment. In summary, cassava starch coatings, regardless of concentration, were not effective in significantly increasing the shelf life of sliced pineapples.
KEYWORDS: Edible coating, pineapple, beverages and physicochemical analyses

1 I INTRODUÇÃO

De acordo com Garcia (2022), os produtos frescos tiveram uma grande valorização no comércio, aumentando a popularidade das frutas minimamente processadas por serem associadas aos produtos no estado fresco, na qual são atribuídos benefícios à saúde. Esses produtos são convenientes aos consumidores já que podem ser preparados em menos tempo, com as frutas comercializadas limpas e pré-preparadas, pré-cortadas e parcialmente processadas, como exemplo para preparação de drinks e bebidas, buffets livres e afins.

Na indústria de alimentos, filmes plásticos são empregados para prolongar a vida útil das frutas, controlando os níveis de gases como o gás carbônico e o oxigênio. Esses materiais criam uma atmosfera modificada ao redor dos vegetais, reduzindo a concentração de oxigênio e aumentando a de gás carbônico, o que retarda a maturação das frutas. Os filmes mais utilizados são feitos de polietileno e polipropileno. No entanto, devido a preocupações ambientais e novas tendências, a indústria de alimentos têm buscado alternativas mais sustentáveis (Alves, A. et al 2022).

A maioria das frutas apresentam, segundo Garcia (2022) aceleração na maturação e na deterioração por vários motivos fisiológicos e físicos após a colheita. Os consumidores normalmente se preocupam em adquirir produtos com a aparência de frescos e saudáveis. Com isso surgiram várias formas de minimizar as alterações nas características dessas

frutas, inclusive os revestimentos comestíveis que são capazes de manter as características da fruta in natura. Frutas e vegetais têm vida útil curta devido à sua natureza perecível. Cerca de 30% das frutas e vegetais são afetados ou quebrados por meio de insetos, microorganismos, situações de pré e pós-colheita, durante todo o transporte e manutenção (Hassan et al., 2018).

As técnicas de conservação de frutas fazem uso principalmente de refrigeração associada ou não a embalagens com atmosferas controladas. Porém, na prática, a manutenção e o controle efetivo da temperatura em todas as etapas da cadeia não é uma condição fácil de ser obtida (Fratari, 2021). Neste cenário, uma tecnologia alternativa e de baixo custo cada vez mais estudada e avaliada como um procedimento para elevar o tempo de vida de frutas é o emprego de coberturas comestíveis protetoras ou revestimentos alimentícios. Estes não têm como objetivo substituir o uso de embalagens ou mesmo eliminar a refrigeração ou o controle de atmosfera, mas atuar como um auxiliar funcional e coadjuvante, contribuindo para a manutenção da textura e valor nutricional, diminuindo as trocas gasosas superficiais e a perda ou ganho de água (Fratari, 2021).

Segundo Fechine (2013), o desenvolvimento de materiais biodegradáveis provenientes de recursos renováveis e que possam oferecer vantagens ambientais, facilidade de obtenção e processamento, baixo custo e consumo de energia no preparo é crescente mundialmente. Portanto, embalagens biodegradáveis figuram como alternativa promissora em substituição às embalagens feitas com polímeros plásticos provenientes de fontes não-renováveis. E o uso de revestimentos alimentícios na conservação de frutas na condição pós-colheita, sejam intactas ou minimamente processadas, tem sido considerado como uma tecnologia emergente e de grande potencial econômico, principalmente para aplicações sobre frutas tropicais, com ampla exportação. (Fratari, 2021).

Uma das técnicas para estender a vida de prateleira de frutas e vegetais segundo Cortez-Vega et al., (2014) e Azeredo et al., (2012) é a aplicação de revestimentos comestíveis, com o intuito de reduzir a perda de umidade, diminuir as taxas de respiração, atuar na manutenção da cor, impedir a perda de compostos voláteis, e tantas outras funções. Nos últimos anos, os revestimentos comestíveis e biodegradáveis têm despertado interesse em razão da possibilidade do aumento da vida útil de frutas, pois apresentam vantagens de menor impacto ambiental e podem conferir propriedades funcionais aos alimentos, agregando valor aos produtos (Hasan; Ferrentino; Scampicchio, 2020).

Estas coberturas comestíveis são aplicadas ou formadas diretamente sobre a superfície das frutas, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e com diversas características estruturais. Como essas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized as Safe) segundo a Food And Drug Administration (2013), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos.

O presente estudo teve como objetivo criar um revestimento para o abacaxi feito de

fécula de mandioca com o intuito principal de aumentar a vida de prateleira e utilização do alimento para preparo de drinks e bebidas.

2 | METODOLOGIA

O experimento foi realizado no laboratório de análises físico-químicas de alimentos, localizado no Departamento de Ciências do Consumo - UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco)/Sede, no bairro de Dois Irmãos, na cidade de Recife/PE. Foram utilizados abacaxis em sua forma madura, adquiridos numa feira local, em seguida armazenados sob refrigeração até sua utilização. A fruta foi higienizada e sanitizada; aleatoriamente cortada em cubos , após retirada de sua casca, e determinada em duplicata. As soluções foram elaboradas em um delineamento experimental aleatório utilizando as porcentagem de 0 (grupo controle), 1, 2 e 3% de fécula de mandioca para 250ml de água.

As soluções foram homogeneizadas, aquecidas a 80°C e levadas a banho maria invertido (apenas com água fria) para que pudessem resfriar até alcançar a temperatura ambiente, 25°C. As amostras foram banhadas nas soluções e colocadas para secar sobre papel toalha. Foram dispostas em copos descartáveis de 50ml e codificadas referente ao tratamento recebido, incluindo o grupo controle; embalados com plástico PVC e levados à refrigeração de 5°C. Todas as amostras tiveram seus pesos previamente registrados assim como cada copo utilizado para armazenamento, eliminando posteriormente qualquer erro de análise de perda de massa.

Foi utilizada a metodologia de Adolfo Lutz (2008) para a realização das análises físico-químicas: perda de massa, textura, °Brix, pH, acidez titulável e atividade de água; as mudanças foram acompanhadas durante 6 dias, com as análises sendo realizadas nos dias 1, 3 e 6. Todos os dados obtidos com as análises foram registrados em uma planilha eletrônica confeccionada no Microsoft Excel.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas tabelas, apresentamos as variações dos dados obtidos durante os 6 dias de experimento em 4 grupos distintos de amostras, onde o grupo 1 é representado pelo grupo controle (que não recebeu revestimento). Cada grupo continha 8 amostras, totalizando 32 amostras analisadas durante todo o experimento. As amostras do dia 9 não chegaram a ser analisadas por apresentarem, visivelmente, desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e características organolépticas associadas, como odor forte (característico de processo fermentativo) e escurecimento de coloração.

3.1 Análise de massa

Ao se tratar da perda de massa, a Tabela 1 expressa os resultados obtidos, vale

ressaltar que para medição da massa final das amostras foi feito o descarte do material aquoso acumulado no interior dos copos.

Estatística Descritiva

	Dia	Tratamento	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Variação de massa (%)
Média	3	C	15.0	14.0	7.00
		1%	13.3	12.3	7.60
		2%	16.2	15.0	7.20
		3%	15.7	14.7	6.60
	6	C	15.3	14.0	8.70
		1%	12.6	10.3	17.4
		2%	16.8	11.1	33.2
		3%	15.1	11.5	24.1
Desvio-padrão	3	C	4.20	4.16	1.70
		1%	2.12	2.04	0.566
		2%	4.60	4.55	1.70
		3%	2.25	2.21	0.707
	6	C	3.90	3.79	1.56
		1%	2.01	0.665	7.99
		2%	3.87	1.26	7.85
		3%	1.21	0.748	1.13

Tabela 1 : Perda de massa ao longo do tempo.

Fonte: O autor, 2023.

Sobre as perdas, vemos que para todas as amostras tratadas com fécula houve um aumento na perda de massa ao longo do tempo, quando comparadas com as amostras do grupo controle. Esse resultado pode ser visto no Figura 1.

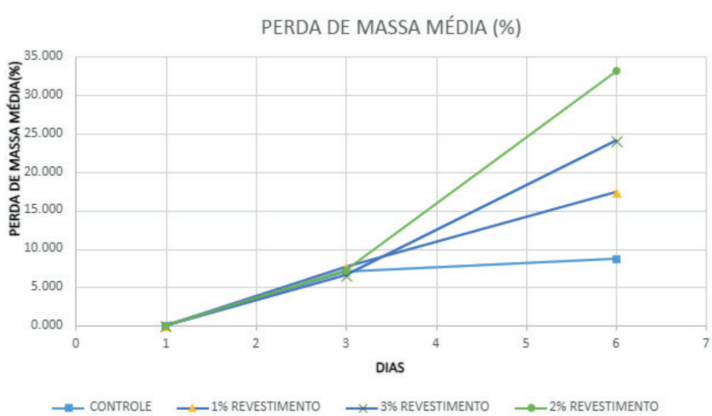


Figura 1 : Perda de massa das amostras ao longo do tempo.

Fonte: O autor, 2023.

Essa diferença aumentou com o tempo e também foi mais pronunciada nos tratamentos de 2 e 3% de fécula. Uma possível explicação para tal efeito pode ser o processo de sinérese, que ocorre naturalmente após a refrigeração do amido gelificado.

Isso ocorre por conta da camada de fécula iniciar uma contração da rede de amido, forçando a saída da água. Água essa que não volta a ser absorvida pelo amido por conta do efeito de retrogradação (Gomes, et.al., 2015).

3.2 Textura

Os resultados obtidos no texturômetro são mostrados na Figura 2.

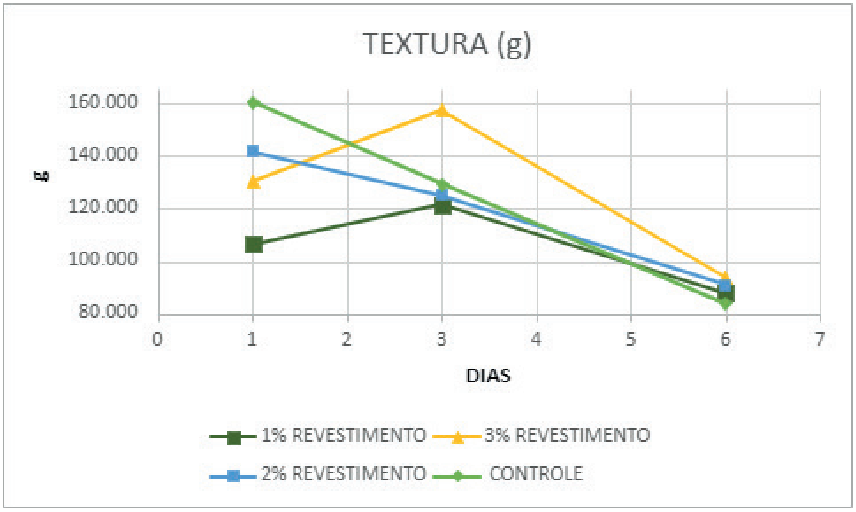


Figura 2: Resultados do texturômetro.

Fonte: O autor, 2023,

Os resultados mostram, no geral, uma redução na resistência das amostras. Algumas oscilações foram percebidas nas amostras contendo o revestimento a 1 e 3% , elevando os valores no dia três, mas isso se deve à complexidade da matriz, o abacaxi não é uma fruta com a distribuição uniforme das fibras em sua polpa e por isso oscilações foram detectadas. A redução da resistência aconteceu pelo processo natural de amadurecimento da fruta, que foi acelerado pelo processamento, convertendo fibras em carboidratos menores e consequentemente requisitando menor aplicação de força nas análises do dia 6 (Neris, et. al., 2018).

3.3 Atividade de água

A atividade de água é um parâmetro importante quando se estuda o crescimento microbiológico nos alimentos, uma maior atividade de água significa uma maior possibilidade de contaminação por microrganismos. Na Figura 3 vemos o resultado das análises de atividade de água.

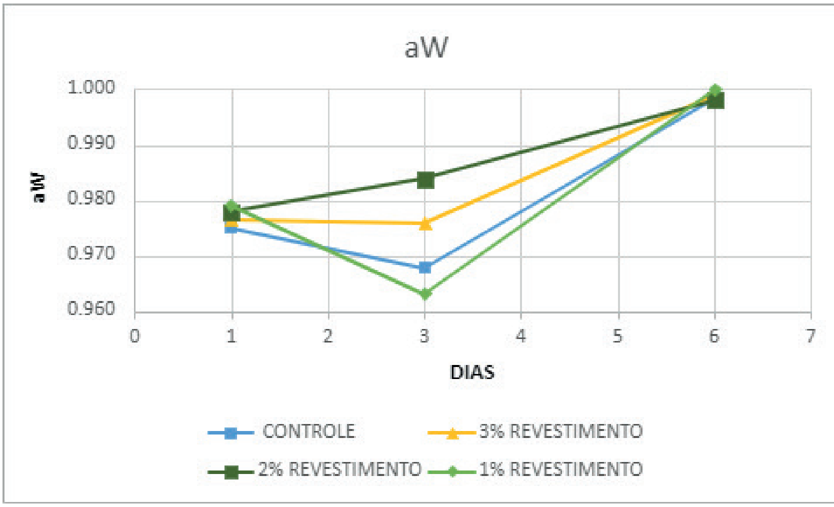


Figura 3: Atividade de água ao longo do tempo.

Fonte: O autor, 2023.

Os resultados da atividade de água indicam um aumento progressivo na atividade de água ao longo do tempo. O que colabora com o fato da fruta ser climatérica e com o amadurecimento possuir uma menor capacidade de retenção de água. Um ponto interessante é que após 6 dias todas as amostras tiveram sua atividade de água próxima de 1, esse alto valor pode ter relação com algum processo fermentativo que já poderia estar ocorrendo na fruta. A produção de etanol, um possível produto da fermentação, tem o ponto de orvalho mais baixo que a água e se esse realmente estiver presente na amostra pode ter interferido elevando o valor da atividade de água (Scherrer, et. al., 2019).

3.4 pH e acidez

Na fruta estão presentes os ácidos cítricos e málico, que vão determinar seu nível de acidez (DULL, 1971). Essa acidez aumenta gradativamente quando passa da região basal para a apical, influenciado pelo gradiente de maturação, que consequentemente depende de fatores como água, adubação, temperatura, entre outras coisas (Thé et al., 2010).

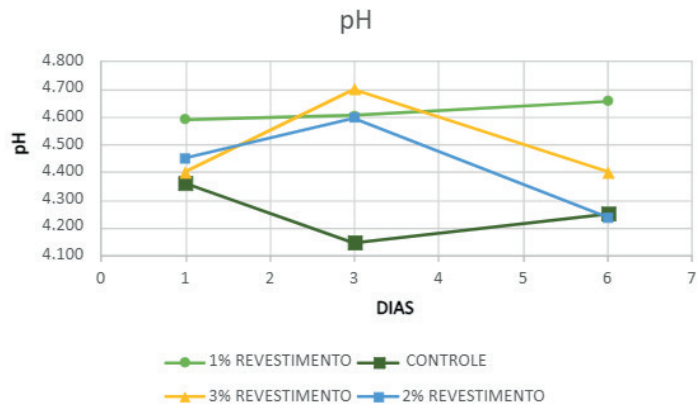


Figura 4: Variação do pH

Fonte: O autor, 2023.

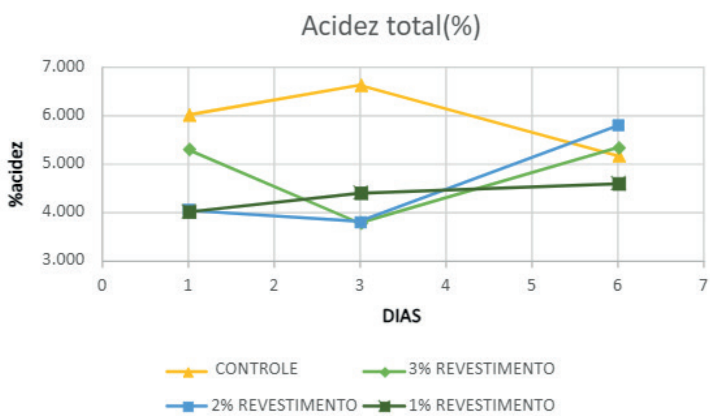


Figura 5: Variação do percentual de acidez.

Fonte: O autor, 2023.

Podemos observar que já há uma variação no nível de acidez no próprio fruto, inicialmente, mas que o grupo controle atinge um pico maior, em comparação aos outros grupos, a partir do terceiro dia de experimento. A acidez da fruta é um atributo interessante quando se trata de bebidas e drinks, apreciada por consumidores, porém seu aumento no fim do experimento (sexto dia) nos grupos com revestimento, independente da concentração, tem grande chances de estar ligado ao crescimento microbiano.

Relacionando a acidez total com o nível de pH nas amostras, o grupo de revestimento em 1% foi o que manteve uma estabilidade maior nesse nível, mesmo que finalizando o experimento com uma acidez total menor que os demais.

3.5 Sólidos totais

A análise de sólidos, feita por refratômetro portátil, mostrou a redução gradual na concentração dos sólidos solúveis. O resultado pode ser visto na Figura 6.

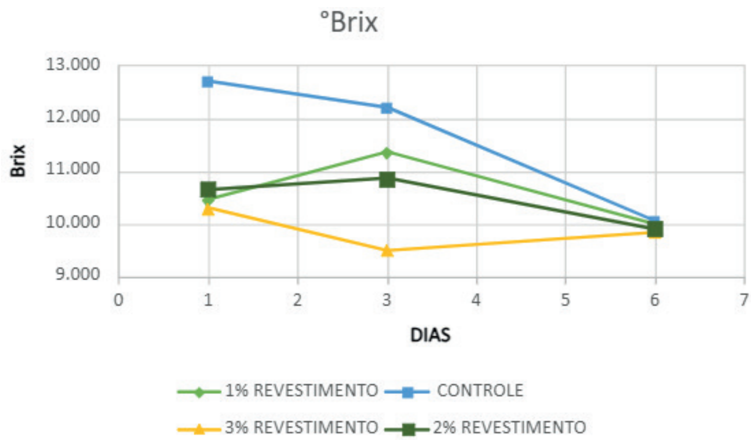


Figura 6: Índice refractométrico das amostras.

Fonte: O autor, 2023.

O °brix das amostras, apesar de oscilar no início, finalizam com o valor muito próximo entre si. Mostrando que o revestimento não interferiu na concentração de sólidos solúveis ao término do experimento. Apesar da conversão natural de fibras em açúcar simples, as amostras, ao fim do experimento, mostraram um valor de °brix inferior ao registrado inicialmente. Parte desses açúcares podem ter sido arrastados pelo exsudato das amostras. Outro possível fator que pode ter contribuído para o abaixamento do °brix seria um processo fermentativo, levando o consumo dos açúcares simples em formação de álcool, dois fatores que interferem negativamente a leitura do refratômetro (Granjeiro & De Godoi, 2022).

4 I CONCLUSÕES

Ao se analisar os resultados obtidos observa-se que a perda de massa foi maior nas amostras tratadas com fécula de mandioca em relação ao grupo controle. Em relação à textura, as amostras tratadas apresentaram resultados de análise similares ao grupo controle no sexto dia. Em relação à atividade de água, as amostras e o grupo controle apresentaram resultados próximos a 1 no sexto dia. Quanto ao pH, as amostras com revestimento 1% e 3% de fécula de mandioca apresentaram resultados mais elevados em relação às amostras com 2% de revestimento e ao grupo controle e quanto à acidez, todos os grupos de amostras tratadas tiveram valores mais elevados em relação ao grupo controle. Na análise de sólidos totais, as amostras tratadas e o grupo controle apresentaram

resultados similares no sexto dia de análise.

Sendo assim, conclui-se que os revestimentos feitos de fécula de mandioca a 1, 2 e 3% não foram significativos para o aumento de vida de prateleira de abacaxis fatiados.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. et al 2022 - Revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos em frutas: uma revisão narrativa - **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - ISBN** 978-65-5360-090-4 - Editora Científica Digital - www.editoracientifica.org - Vol. 6 - Ano 2022.

Azeredo, H. M. C.; Miranda, K. W. E.; Rosa, M. F.; Nascimento, D. M.; Mora, M. R. 2012. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. LWT - **Food Science and Technology** 46: 294-297

Cortez-Vega, W.R.; Pizato, S.; Souza, J.T.A. 2014. Prentice C. Using edible coatings from Whitemouth croaker (Micropogonias furnieri) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 22: 197-202.

DULL, G.G. The pineapple: general. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, cap. 9A, p.303-324

FECHINE, Guilhermino José Macêdo. **Polímeros biodegradáveis: tipos, mecanismos, normas e mercado mundial**. São Paulo: SciELO-Editora Mackenzie, 2013.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FAD. **Generally recognized as safe (GRAS) Silver Spring**. Disponível em: <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/>. Acesso em: 28 de novembro 2013.

FRATARI – 2021 - Revestimentos comestíveis para conservação pós colheita de banana: uma revisão – **AVANÇOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS** - VOLUME 4 – PG 444 CAP 29

GARCIA – 2022 - Uso de revestimento comestível a base de resíduo de frutas adicionado de polpa de acerola para a conservação de frutas minimamente processadas - DOI:10.34117/bjdv8n1-425 - **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.1, p.6301-6312 jan. 2022.

GRANGEIRO, Efrahin Alves; DE GODOI, Luciane. Análise físico-química de cervejas artesanais produzidas com enzima Glucoamilase. **Caderno Intersaberes**, v. 11, n. 34, p. 101-119, 2022.

GOMES, A. F.; FERREIRA, MCM; GOZZO, A. M. AVALIAÇÃO DO EFEITO DO SORBITOL E DO GLICEROL NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, TÉRMICAS E MECÂNICAS DE HIDROGEL DE AMIDO DE MILHO RETICULADO COM GLUTARALDEÍDO. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 1931-1936, 2015.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, Faisalabad, Pakistan, v. 109, p. 1095–1107, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097

HASAN, K. S. M.; FERRENTINO, G.; SCAMPICCHIO, M. Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1 - 10, 2020.

LUTZ, Adolf. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. p. 1020. v. 4. Disponível em <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos> Acesso em 07 nov 2023.

NERIS, T. S.; SILVA, S. S. E; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CASCA DA BANANA (Musa spp.) IN NATURA E DESIDRATADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 5-21, 10 jul. 2018.

Scherrer, L. S.; Fortes J. P. P; Silva, P. H. F. ATIVIDADE DE ÁGUA EM DIFERENTES GRUPOS DE ALIMENTOS. In: **ANAIS DO 13º SIMPóSIO LATINO AMERICANO DE CIêNCIA DE ALIMENTOS**, 2019, Campinas. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019.

THÉ, P. M. P.; NUNES, R. de P.; SILVA, L. I. M. M. da; ARAÚJO, B.M. de. Características físicas, físico-química, e atividade enzimática de abacaxi cv. Smooth Cayenne recém colhido. **Revista Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 2, p. 273-281, abr./jun. 2010

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DE MACHINE LEARNING NA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PROPIONATO DE CÁLCIO EM PÃES

Data de submissão: 09/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Márcia A, Gularte
Professora, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/Universidade Federal de Pelotas

Layla D. Macedo
Doutoranda, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/Universidade Federal de Pelotas

Bianca P, Ávila
Pós-Doutoranda, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/UFPel

Aline M. Pereira
Doutoranda, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/Universidade Federal de Pelotas

Roberta Bascke
Doutoranda, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/Universidade Federal de Pelotas

RESUMO: Este estudo explora a influência do propionato de cálcio nas propriedades sensoriais e físicas do pão, além de avaliar o uso de modelos de aprendizado de máquina para determinar essa influência. Foram preparadas e analisadas duas formulações de pão, uma com e outra sem propionato de cálcio, ao longo de 21 dias. Parâmetros de textura, como dureza, elasticidade e gomosidade, foram medidos, e a análise sensorial foi realizada utilizando a escala Just-About-Right (JAR). Os dados foram processados por meio de modelos Random Forest, Regressão Logística e SVM, com valores SHAP aplicados para interpretar o impacto das variáveis nas previsões. Os resultados mostram, que o propionato prolonga a vida util do pão porém afeta significativamente sua textura. O modelo Random Forest alcançou o melhor equilíbrio entre precisão e recall, demonstrando eficácia na determinação da presença de conservantes. Esses achados sugerem que a combinação da análise sensorial com técnicas de aprendizado de máquina pode ser uma abordagem valiosa na avaliação da qualidade dos alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Alimentos, aprendizado de máquinas, shelf life, sensorial, JAR

ABSTRACT: This study explores the influence of calcium propionate on the sensory and physical properties of bread, as well as the use of machine learning models to determine this influence. Two bread formulations, one with and one without

calcium propionate, were prepared and analyzed over a 21-day period. Texture parameters such as hardness, elasticity, and gumminess were measured, and sensory analysis was conducted using the Just-About-Right (JAR) scale. The data were processed using Random Forest, Logistic Regression, and SVM models, with SHAP values applied to interpret the impact of different variables on the predictions. The results show that calcium propionate prolongs the shelf life of bread but significantly affects its texture. The Random Forest model achieved the best balance between precision and recall, demonstrating its effectiveness in determining the presence of preservatives. These findings suggest that combining sensory analysis with machine learning techniques can be a powerful approach in food quality assessment.

INTRODUÇÃO

Os pães são produtos obtidos a partir da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes de processos de fermentação ou não, e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos (Brasil, 2005). Eles são uma fonte de nutrientes essenciais, incluindo carboidratos, fibras, vitaminas e minerais, e apresentam diversos formatos e formas. Considerado um dos alimentos mais consumidos no mundo, o consumo médio é de 70 kg (41–303 kg)/ano/capita (Dong, 2021). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI), em 2023 houve um crescimento de 12% no consumo de pães em comparação com 2022, resultando em um faturamento de R$ 125,22 bilhões no Brasil (ABIMAPI, 2024). O pão é uma importante fonte de energia, um reservatório significativo de proteínas, carboidratos complexos (principalmente amido), fibras alimentares, vitaminas (especialmente do complexo B) e minerais, o que o define como um alimento básico e essencial na dieta (Guerrini et al., 2020).

O consumo de pão é amplamente recomendado em todas as diretrizes alimentares, e tanto o pão quanto os produtos à base de cereais formam a base da pirâmide alimentar. No entanto, a característica de “frescor” do pão, que está intimamente ligada à sua qualidade geral, se mantém por um curto período de tempo (Rosell, 2015). Devido às demandas dos consumidores por produtos de qualidade duradoura, os aditivos alimentares, amplamente utilizados na panificação, foram desenvolvidos para melhorar a conservação (Figueiredo; Freitas, 2018). Toda substância adicionada intencionalmente aos alimentos para intensificar, conservar ou modificar suas propriedades, sem provocar alterações nutricionais, é chamada de aditivo (Brasil, 2000).

Apesar da industrialização da produção de pão, os desafios relacionados à sua perecibilidade persistem. O pão tem uma vida útil curta de 4 a 10 dias sem mofo, influenciada por condições de armazenamento e tratamento, além da alta atividade de água, que geralmente é em torno de 0,95 Aw (Cauvain, 2012). Para a utilização de conservantes específicos, é fundamental analisar diversos fatores, como pH, composição, presença de outros inibidores microbiológicos, atividade de água e nível inicial de contaminação

(Carnicel et al., 2005). Por ser um produto bastante perecível, os pães já apresentam variações em suas características logo após serem retirados do forno. Assim, as condições de conservação, estocagem e distribuição estão diretamente ligadas à qualidade final do produto e ao seu tempo de validade (Pereira et al., 2002).

Entre os conservantes, o propionato de cálcio é amplamente utilizado nas indústrias de panificação, pois melhora a eficiência do fermento na liberação de CO_2 e apresenta alta eficácia contra mofos, com ação inibitória predominantemente fungistática e pouco fungicida (Jay, 2005). Diante desse cenário, o objetivo neste estudo foi utilizar técnicas de machine learning para determinar a influência de conservantes em pães nos parâmetros sensoriais e físicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Duas formulações distintas foram utilizadas na elaboração dos pães. O Pão A foi preparado com a adição de propionato de cálcio, utilizando os seguintes ingredientes: 60% de farinha, 32,58% de água, 4,63% de açúcar, 1,44% de fermento biológico, 1,04% de sal e 0,31% de propionato de cálcio. O Pão B, por sua vez, utilizou a mesma formulação, mas sem a adição de propionato de cálcio.

O processo de elaboração dos pães iniciou-se com a adição dos ingredientes secos em uma masseira rápida de 6 kg (G.paniz), misturando-os em baixa velocidade por 20 segundos para homogeneização. Em seguida, a água foi adicionada, e a mistura foi batida novamente por 2 minutos, antes da adição do fermento. O batimento finalizou quando a massa atingiu o “ponto de véu”, após aproximadamente 6 minutos. A massa foi então dividida em 6 porções de 600 gramas cada, que foram colocadas em formas de 22 x 10 x 9 cm. As formas foram colocadas em uma estufa a uma temperatura entre 30 e 35 ºC por 1 hora e 5 minutos para a fermentação final. O assamento foi realizado a 150 ºC durante 31 minutos.

Para a análise da vida útil, os pães foram armazenados em sacos de polietileno (PE) com 0,04 mm de espessura, fechados com auxílio de amarrilho, durante 21 dias. As coletas foram realizadas nos dias 0, 5, 13 e 21. A análise de textura instrumental (TPA) foi conduzida utilizando um texturômetro (TAXT2i, Stable Micro Systems), com interface acoplada ao computador. As curvas de textura foram obtidas em tempo real através do programa Texture Expert for Windows, analisando os parâmetros de dureza, elasticidade e gomosidade.

A análise sensorial foi realizada utilizando a escala JAR (Just-About-Right), classificando os atributos de textura seca e sabor característico. Os dados coletados foram analisados utilizando modelos de regressão logística, floresta aleatória e SVM (machine learning) em linguagem de programação Python. Para interpretar os resultados, foram utilizados os SHAP values (SHapley Additive exPlanations), que auxiliam na compreensão

da contribuição de cada variável de entrada para a previsão do modelo, proporcionando uma medida consistente da importância das características e suas interações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados de textura (dureza, elasticidade e gomosidade) dos pães de forma com (pão A) e sem (pão B) propionato de cálcio, durante as coletas de vida útil.

	Tempo (dias)	Dureza (N)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (N.s^{-1})
Pão A com propionato de cálcio	0	1644,37^{*d}	0,944^{*a}	694,15^{d}
	5	2508,02^{c}	0,943^{*ab}	1263,43^{c}
	13	4557,31^{b}	0,912^{b}	1725,67^{b}
	21	5289,63^{a}	0,911^{b}	2669,90^{a}
Pão B sem propionato de cálcio	0	1376,35^{b}	0,936^{a}	1089,47^{*b}
	5	3135,24^{*a}	0,884^{b}	1957,87^{*a}
	13	4325,55 ^{a}	0,823^{b}	2998,46 ^{a}
	21	-	-	-

Médias aritméticas simples (n=3). *diferem entre as amostras com e sem propionato, em cada tempo de coleta. Diferentes letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para cada amostra durante a vida util. T0 – coleta dia zero, T5 – coleta dia 5, T13 – coleta dia 13 e T21 – coleta dia 21.

Tabela 1 – Textura dos pães de forma com e sem propionato

Comparando as amostras A e B, em cada tempo da vida útil, todas apresentaram diferença significativa. No tempo zero, o uso do propionato de cálcio proporcionou um aumento na dureza e elasticidade, porém, uma diminuição na gomosidade. Já no tempo 5, o propionato de cálcio proporcionou uma diminuição na dureza e gomosidade e aumento na elasticidade. Na coleta do dia 13, os pães sem propionato de cálcio (B) já apresentaram mofo e, assim, foram interrompidas as análises e finalizado o teste de vida útil para essa amostra.

Tanto para o pão A, quanto para o B, a dureza aumentou durante a vida útil, fato já esperado, pois o aumento da dureza em pães está diretamente associado à perda de umidade, à evaporação da água após a cocção, retrogradação do amido e à desnaturação das proteínas (Esteller et al., 2004). Já para elasticidade, no pão A foram observadas poucas alterações, as mais evidentes foram do tempo 5 para o tempo 13, porém no pão B, houve uma diminuição da elasticidade com o passar dos dias. O mesmo comportamento foi visto por Esteller e Lannes (2005), que associaram a diminuição da elasticidade com as interações moleculares dos componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e ligações cruzadas com a participação de íons metálicos e a mobilidade da água na massa. Por fim, para a gomosidade, os dois pães apresentaram o mesmo comportamento,

aumento da gomosidade durante a vida útil. Altos valores de gomosidade, mastigabilidade e dureza fornecem característica de produto velho, dessa forma, tornam-se mais atrativos produtos com baixos valores desses parâmetros.

Na tabela 2 estão apresentados os resultados de três modelos de machine learning na detecção da influência da adição de conservante em pães.

Modelo	Precisão	Recall	F1- Score	Acurácia
Floresta Aleatória	0,84	0,96	0,90	48
Regressão Logística	0,94	0,61	0,74	48
SVM	0,72	0,93	0,81	48

Tabela 2 – Resultados dos modelos de machine learning

O modelo de Floresta Aleatória obteve uma precisão de 0,84, um recall de 0,96 e um F1-Score de 0,90, destacando-se pelo alto recall, que indica sua eficácia em mostrar a influência dos conservantes quando presentes, juntamente com uma precisão razoável e um bom equilíbrio entre precisão e recall,

No gráfico representativo do modelo de Floresta Aleatória (Figura 1), observou-se que “Dureza” e “Elasticidade” apresentaram valores SHAP significativos, indicando que essas características têm um impacto considerável nas previsões do modelo, “Sabor característico” e “Textura seca” também influenciam, mas em menor grau. O desempenho deste modelo se mostra interessante, especialmente considerando a importância das características dureza e elasticidade influenciados pelo uso de conservantes.

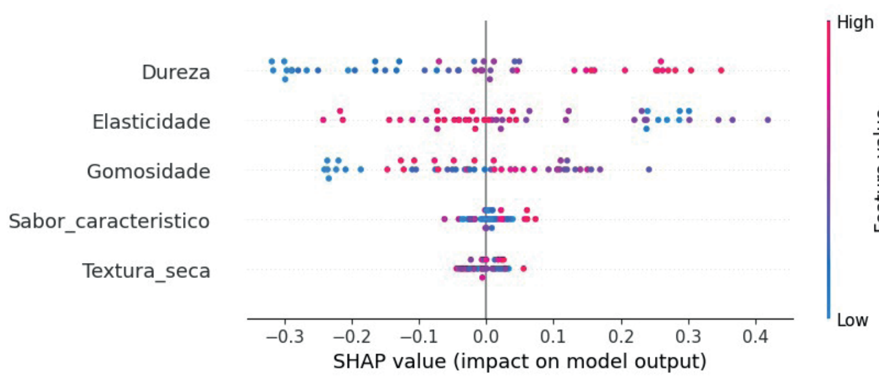


Figura 1. Gráfico Shap value representativo dos resultados utilizando o modelo Floresta aleatória.

Os pontos no gráfico representam os valores SHAP para cada observação do conjunto de dados, com cores indicando o valor da característica: azul para valores baixos e vermelho para valores altos. Observa-se que altas durezas (pontos vermelhos) tendem a aumentar a predição do modelo, sugerindo a provável presença de conservantes. Em contrapartida, valores altos de gomosidade (pontos vermelhos) pode ser um indicador de

ausência de conservantes. Os atributos sabor característico, textura seca e elasticidade mostraram variações menores e menos impacto na construção do modelo, com valores tendendo a se concentrar próximos ao zero.

O modelo de Regressão Logística apresentou a maior precisão (0,94), mas com um recall mais baixo (0,61), resultando em um F1-Score de 0,74 e a mesma precisão de 48. Embora seja altamente preciso na previsão da presença de conservantes, ele tende a não detectar alguns casos em que os conservantes estão presentes. O gráfico do modelo de Regressão Logística (Figura 2) indica que «Dureza» e «Gomosidade» são as características com os valores SHAP mais altos, evidenciando seu impacto significativo no modelo, “Sabor característico” e “Elasticidade” mostraram impactos menores.

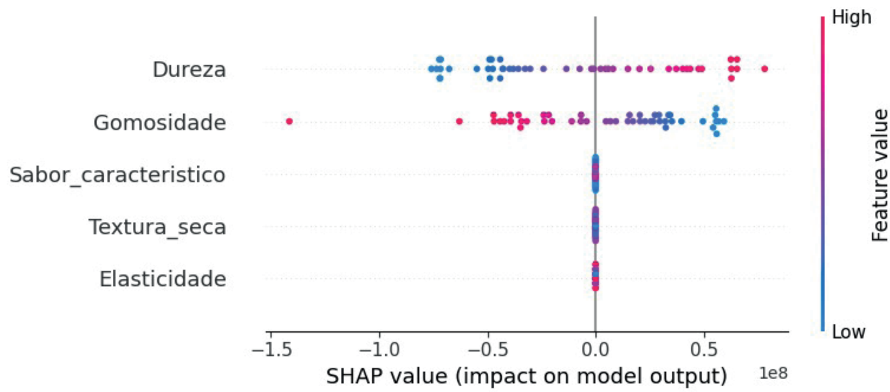


Figura 2. Gráfico Shap value representativo dos resultados utilizando o modelo Regressão Logística.

A disposição dos valores SHAP é semelhante ao gráfico do modelo de Floresta Aleatória, mas com uma faixa menor. A dureza continua a ser um fator importante, com valores altos correlacionados a uma presença de conservantes. A gomosidade mantém a tendência de que valores altos diminuem a predição, a elasticidade, textura seca e sabor característico novamente demonstraram menor influência na predição.

O modelo SVM obteve uma precisão de 0,72, um recall de 0,93 e um F1-Score de 0,81, sendo a precisão mais baixa entre os três modelos, mas ainda apresentando um bom equilíbrio entre precisão e recall, O gráfico do modelo SVM (Figura 3) reafirma que «Dureza» e «Gomosidade» são características com maior impacto nos valores SHAP, “Elasticidade” e “Textura seca” também são relevantes, mas com menor impacto.

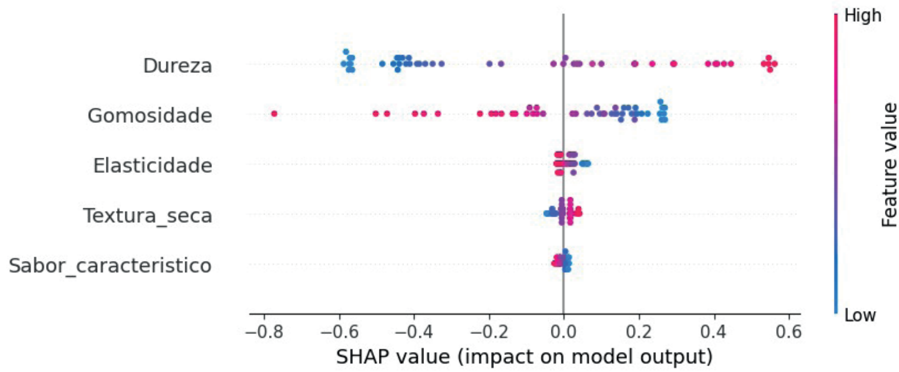


Figura 3. Gráfico Shap value representativo dos resultados utilizando o modelo SVM.

A Figura 3 confirma as tendências observadas nos gráficos anteriores, mostrando que valores altos de dureza (pontos vermelhos) consistentemente aumentam a predição de conservantes. A elasticidade começa a mostrar uma leve influência negativa na predição, embora menor que a dureza e gomosidade, valores altos de gomosidade continuam a diminuir a predição, enquanto sabor característico e textura seca permanecem com baixa variação e impacto no modelo.

Os três modelos apresentam diferentes balanços entre precisão e recall, refletindo como as características influenciam suas previsões. Conforme os valores SHAP, o modelo de Floresta Aleatória, com alto recall e bom F1-Score, parece ser o mais equilibrado, com dureza e elasticidade como principais contribuintes. A Regressão Logística, com maior precisão, depende fortemente de dureza e gomosidade, mas não detecta todos os casos, o que é indicado pelo menor recall. O SVM, com bom recall, também destaca dureza e gomosidade, mas apresenta menor precisão, sugerindo uma maior propensão a falsos positivos.

A análise dos gráficos de SHAP revela que dureza e gomosidade são os atributos de textura mais influentes na predição da presença de conservantes em pães. A alta dureza está associada a uma maior probabilidade de presença de conservantes, enquanto a alta gomosidade tende a indicar ausência de conservantes. Os atributos elasticidade, sabor característico e textura seca têm menor impacto na na construção dos modelos, sugerindo que não são características que influenciam na qualidade de pães com a presença ou ausência de conservantes. Esses resultados podem orientar a seleção de características mais relevantes para futuros modelos de machine learning focados na detecção de conservantes em produtos alimentícios e os parâmetros físico-químicos ou sensoriais influenciados pela sua adição.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, concluímos que a aplicação de propionato de cálcio nos pães não apenas prolonga a vida útil do produto, mas também influencia nas suas características sensoriais, como dureza e elasticidade. Além disso, a análise de machine learning, especialmente através do modelo de Floresta Aleatória, mostrou-se eficaz na detecção da influência da presença de conservantes, na dureza e gomosidade sendo parâmetros significativos nas previsões. Portanto, os dados confirmam que o uso de conservantes pode melhorar a conservação do pão, atendendo às demandas do consumidor por produtos de qualidade e segurança alimentar, no entanto, podem influenciar em parâmetros importantes para o consumidor como a textura. O estudo também indica que a combinação de técnicas sensoriais e algoritmos de machine learning pode ser uma ferramenta valiosa para ser aplicada na indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

ABIMAPI - Associação Brasileira da Indústria de Panificação, Indicadores da Panificação e Confeitaria Brasileira em 2020, Disponível em: **[CrossRef]**, Acesso em: 07 ago, 2024,

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução nº, 90, de 18 de outubro de 2000, Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão, Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p, 29, 20 out, 2000, **[CrossRef]**

BRASIL, Resolução de Diretoria Colegiada - RDC no 263, de 22 de setembro de 2005, Aprova o Regulamento Técnico para produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos, Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p, 368, 23 set, 2005,**[CrossRef]**

CARNICEL, F, A,; PERESI, J, T, M,; COELHO, A, R,; GONÇALVES, T, M, V,; HOFFMANN, F, L, Avaliação da ação antimicrobiana in vitro de propionato de cálcio sobre leveduras isoladas de ricota, Higiene Alimentar, São Paulo, v,19, p, 76-81, mar, 2005,**[CrossRef]**

Cauvain SP, editor, Breadmaking: improving quality, Elsevier; 2012 Apr 25,**[CrossRef]**

Dong, Y,, & Karboune, S, A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v, 20, n, 2, p, 1937-1981, 2021,**[CrossRef]**

ESTELLER, M, S,; AMARAL, R, L,; LANNES, S, C, S, Effect of sugar and fat replacers and the texture of braked goods, Journal of Texture Studies, USA, v, 35, n, 4, p, 383-393, 2004, **[CrossRef]**

ESTELLER, M, S,; LANNES, S, C, da S, Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados, Ciência e Tecnologia de Alimentos, v, 25, n, 4, p, 802-806, 2005, ,**[CrossRef]**

FIGUEIREDO, P,; FREITAS, A, C. Conservação dos alimentos, Lisboa: Editora da Universidade Nova de Lisboa, 2000, 201 p

Jay, James M, Microbiologia de alimentos, Vol, 6, Porto Alegre: Artmed, 2005,

Guerrini, L,, Napoli, M,, Mancini, M,, Masella, P,, Cappelli, A,, Parenti, A,, & Orlandini, S, Wheat grain composition, dough rheology and bread quality as affected by nitrogen and sulfur fertilization and seeding density, Agronomy, 2020 Feb 5;10(2):233, **[CrossRef]**

Smith, J, P,, Daifas, D, P,, El-Khoury, W,, Koukoutsis, J,, & El-Khoury, A, Shelf life and safety concerns of bakery products—a review, Critical reviews in food science and nutrition, v, 44, n, 1, p, 19-55, 2004, **[CrossRef]**

Rosell CM, Bajerska J, El Sheikha AF, editors, Bread and its fortification: nutrition and health benefits, CRC Press; 2015 Sep 22, **[CrossRef]**

CAPÍTULO 5

ESTANDARIZACIÓN DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL QUESO ANDINO EN LA REGIÓN DE PUNO, PERÚ

Data de submissão: 19/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Pither Jhoel Javier Sucari
Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil
https://orcid.org/0000-0002-4534-2835

Yesenia Milagros Turpo Mamani
Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
https://orcid.org/0009-0001-9946-9022

Adaaliht Jhony Arisaca-Parillo
Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Peru.
https://orcid.org/0000-0003-4931-8290

Ruben Virgílio Cosi-Cutipa
Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Peru.
https://orcid.org/0000-0003-4931-8290

Elizabeth Huanático Suárez
Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Peru.
https://orcid.org/0000-0003-2981-588X

Pablo Antonio Beltran Barriga
Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0002-2237-587X

Gale Ronaldo Herrera-Rodriguez
Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Peru
https://orcid.org/0000-0002-6140-3538

Izabela do Carmo Godart
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
https://orcid.org/0009-0003-7759-9955

RESUMEN: La estandarización en la producción de queso andino en Puno es crucial para asegurar la calidad y competitividad del producto; de lo contrario, surgen problemas como hinchazón, sabores anormales y alta contaminación bacteriana. Estos defectos no solo impactan la aceptación del queso, sino que también complican la competencia frente a productos similares. Por consiguiente, el objetivo de este estudio es la estandarización de los factores de producción y calidad del queso andino en la región de Puno. Para ello, se aplicó el uso conjunto del diagrama de Ishikawa y la metodología DMAIC, lo cual permitió una mejora continua en la calidad del queso andino, asegurando su competitividad en el mercado y satisfaciendo las expectativas de los consumidores. Por lo tanto, los resultados para los indicadores

de producción muestran que el diagrama de flujo estandarizado para la producción del queso andino en Puno ha sido estandarizado como los procesos, operaciones, parámetros, indicadores, variables e insumos específicos. En cuanto a comercialización, el queso andino es preferido por el 32% de los encuestados, aunque enfrenta competencia significativa con el queso tipo Paria, preferido por el 54%. A pesar de esta competencia, el queso andino destaca por su perfil de sabor y sus características organolépticas. La rentabilidad de la producción de queso andino es del 44.57%, aunque este valor puede variar según la planta quesera, la presentacion del producto, cliente y mercado. Además, para los indicadores de calidad como el análisis físico-químico revela una humedad de 33.08 ± 3.0%, grasa en base seca de 47.71 ± 2.7% y un pH de 5.5 ± 0.1, cumpliendo con las especificaciones de la Ficha Técnica del Producto (FTP). El análisis microbiológico muestra 170 ± 10 UFC/g de coliformes y 8.55 ± 10 UFC/g de Staphylococcus aureus, sin presencia de Listeria monocytogenes y Salmonella sp en 25 g de muestra, cumpliendo las normas NTP 202.194-2010. Por otro lado, el análisis sensorial realizado con un tiempo de maduración de 25 días a 10 °C utilizando SPSS, muestra un olor regular a maduración, dureza semi dura y suave, textura compacta y lisa sin grietas, ojos ni poros, color amarillo marfil o intenso, y sabor suave y agradable. Estos parámetros son consistentes con el estándar de maduración de 25 días, logrando el color amarillo marfil o intenso con el código RGB: HEX #EC8508, RGB 236, 181, 11, HSL 45. En conclusión, la estandarización del proceso de producción del queso andino en Puno asegura una calidad constante y un perfil organoléptico que satisface al consumidor, lo que se traduce en una alta rentabilidad y aceptación en el mercado.

PALABRAS CLAVES: Estandarización, Calidad, producción, Metodología DMAIC, Procesos, Parámetros, Rentabilidad.

STANDARDIZATION OF PRODUCTION AND QUALITY FACTORS OF ANDEAN CHEESE IN THE PUNO REGION, PERU

ABSTRACT: Standardization in the production of Andean cheese in Puno is crucial to ensure the quality and competitiveness of the product; otherwise, problems such as swelling, abnormal flavors, and high bacterial contamination arise. These defects not only impact the acceptance of the cheese, but also complicate competition against similar products. Therefore, the objective of this study is the standardization of the production and quality factors of Andean cheese in the Puno region. To do so, the joint use of the Ishikawa diagram and the DMAIC methodology was applied, which allowed a continuous improvement in the quality of Andean cheese, ensuring its competitiveness in the market and meeting consumer expectations. Therefore, the results for the production indicators show that the standardized flow chart for the production of Andean cheese in Puno has been standardized as the processes, operations, parameters, indicators, variables, and specific inputs. Regarding marketing, Andean cheese is preferred by 32% of respondents, although it faces significant competition with Paria-type cheese, preferred by 54%. Despite this competition, Andean cheese stands out for its flavour profile and organoleptic characteristics. The profitability of Andean cheese production is 44.57%, although this value may vary depending on the cheese factory, the presentation of the product, the client and the market. In addition, for quality indicators such as physical-chemical analysis, it reveals a humidity of 33.08 ± 3.0%, a fat content on a dry basis of 47.71 ± 2.7% and a pH of 5.5 ± 0.1, complying with the specifications of the Technical Product Sheet

(FTP). The microbiological analysis shows 170 ± 10 CFU/g of coliforms and 8.55 ± 10 CFU/g of Staphylococcus aureus, with no presence of Listeria monocytogenes and Salmonella sp in 25 g of sample, complying with NTP 202.194-2010 standards. On the other hand, the sensory analysis carried out with a maturation time of 25 days at 10 °C using SPSS, shows a regular ripening smell, semi-hard and soft hardness, compact and smooth texture without cracks, eyes or pores, ivory or intense yellow color, and smooth and pleasant flavor. These parameters are consistent with the 25-day maturation standard, achieving the ivory or intense yellow color with the RGB code: HEX #EC8508, RGB 236, 181, 11, HSL 45. In conclusion, the standardization of the Andean cheese production process in Puno ensures constant quality and an organoleptic profile that satisfies the consumer, which translates into high profitability and market acceptance.
KEYWORDS: Standardization, Quality, production, DMAIC Methodology, Processes, Parameters, Profitability.

1 I INTRODUCCIÓN

Las micro, pequeñas y medianas empresas son fundamentales para el desarrollo económico del país, ya que contribuyen significativamente a la generación de empleo y al avance de la economía en todas las regiones del Perú. A lo largo de los años, muchas de estas empresas han surgido como emprendimientos empíricos basados en la experiencia, lo que ha generado problemas ante cambios de personal e implementación de nuevas tecnologías (Valdivia, 2018). Además, la falta de estandarización en los procesos de producción y calidad del queso tipo andino ha provocado defectos como hinchazón, sabores anormales, altos recuentos de bacterias esporuladas y otros problemas que afectan negativamente la calidad del producto (Zapata, 2015).

La necesidad de estandarizar los procesos surge como una herramienta clave para generar una ventaja competitiva, fortaleciendo las capacidades de los productores y agregando valor a los productos. Esta estandarización es esencial para mejorar la competitividad del queso andino, un producto de gran valor cultural y económico en la región altiplánica (Rojas y Vargas, 2019). Sin embargo, la falta de uniformidad en las prácticas de producción, junto con la variabilidad de las materias primas, ha ocasionado inconsistencias en la calidad del producto final, lo que afecta su aceptación en mercados más amplios (Fernández y Morales, 2016).

Estudios recientes han demostrado que la aplicación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) puede ser una herramienta eficaz para identificar y corregir las variabilidades en el proceso de producción, mejorando la calidad del producto final (Martínez, 2017). Además, la estandarización facilita el cumplimiento de normas internacionales de calidad, lo que podría abrir nuevas oportunidades de mercado para los productores locales (ISO, 2015; Carrillo et al., 2017). La estandarización de la calidad del queso andino involucra el análisis de parámetros físico-químicos, microbiológicos

y sensoriales (García, 2020; López et al., 2018). Estos factores determinan no solo la seguridad del producto, sino también sus características organolépticas, cruciales para su aceptación por parte de los consumidores (Rodríguez, 2019; Pérez y Díaz, 2017).

El objetivo de este estudio es implementar procesos uniformes y controlados tanto en los indicadores de producción (diagrama de flujo de elaboración, comercialización y rentabilidad) como en los indicadores de calidad (análisis físico-químico, microbiológico, evaluación sensorial y maduración) de queso andino. Esto asegura que cada etapa en la producción del queso andino siga pautas específicas y consistentes. Este enfoque es crucial para garantizar que el queso andino producido en diferentes lotes y por distintos productores mantenga un nivel de calidad homogéneo, cumpliendo con los estándares establecidos en los aspectos sensoriales, físico-químicos y microbiológicos.

2 I MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la región de Puno, Perú, durante la estación de invierno, caracterizada por el periodo de estiaje. El enfoque metodológico adoptado comprendió tres fases principales: **(a) Diagnóstico de plantas:** Se realizó un diagnóstico exhaustivo de las plantas queseras existentes en la región de Puno, utilizando subindicadores claves como procesamiento, calidad, mercado, comercialización e infraestructura. **(b) Selección de plantas:** A partir del diagnóstico, se seleccionaron cinco plantas queseras que cumplían con criterios estrictos de producción, incluyendo la disponibilidad y calidad de equipos, la adecuación de la infraestructura, su posicionamiento en el mercado y los méritos obtenidos en ferias especializadas. Se adquirió y analizó el diagrama de flujo de elaboración en estas plantas. **(c) Selección de muestras:** Se seleccionaron 5 muestras de queso andino provenientes de las plantas previamente seleccionadas, tras una rigurosa evaluación de los indicadores de calidad sensorial, comparando los resultados con los parámetros establecidos en las FTP/2014-2017 para el queso andino. Finalmente, se identificaron 2 quesos andinos finalistas, sobre los cuales se realizaron análisis detallados de los indicadores de calidad y producción, complementados con la obtención de sus respectivos diagramas de flujo de elaboración.

2.1 Diagnóstico situacional de indicadores de producción y calidad.

El diagnóstico situacional de los indicadores en las plantas queseras se realizó mediante la metodología de Ishikawa con una evaluación exhaustiva como: **(a) indicadores de producción**: Diagrama de flujo de elaboración, comercialización y rentabilidad **(b) Indicadores de calidad:** Análisis físico químico, análisis microbiológico, evaluación sensorial y maduración. Con los datos recolectados, se elaboró un listado de los problemas identificados en cada etapa del proceso. Posteriormente, se construyó un diagrama de Ishikawa (Figura 2) aplicando la metodología de DMAIC, con el objetivo de visualizar y

entender las interrelaciones entre los diferentes eslabones involucrados en la producción y así identificar los problemas más relevantes que afectan la calidad y eficiencia del proceso del queso andino.

2.2 Indicadores de producción.

Los indicadores de producción se analizaron con un enfoque detallado y riguroso, abarcando los siguientes aspectos: **(a) Diagrama de flujo de elaboración del queso andino:** Se seleccionaron 5 plantas de procesamiento de queso andino, de las cuales se recopilaron los diagramas de flujo con sus respectivos parámetros operativos. De estos, solo 2 diagramas de flujo fueron seleccionados, correspondientes a los quesos que cumplían con los estrictos parámetros establecidos en las FTP/2014-2017. Se llevaron a cabo pruebas experimentales con los propietarios de los 2 quesos finalistas, cada uno utilizando su metodología óptima de elaboración. Estas pruebas permitieron la recopilación detallada de los parámetros necesarios para construir un diagrama de flujo optimizado para la elaboración del queso andino. Con la información obtenida de las 2 plantas seleccionadas, se evaluaron los indicadores de producción, como la rentabilidad, y los de calidad, incluyendo análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos, ajustándose a las normativas FTP/2014-2017. La muestra que mostró la mayor proximidad a estos estándares de calidad fue determinante para establecer el diagrama de flujo óptimo de producción. **(b) Comercialización:** Se llevó a cabo un estudio de mercado enfocado en la comercialización del queso andino en supermercados de Arequipa. Para este fin, se diseñó una encuesta dirigida a los consumidores, compuesta por 100 fichas (Tabla 1) con siete preguntas claves, destinadas a evaluar las preferencias y la aceptabilidad del queso andino producido en la región de Puno. **(c) Rentabilidad:** El cálculo de la rentabilidad se realizó considerando el beneficio neto en relación con el costo total, aplicado tanto a las empresas como a las plantas queseras de la región de Puno. Para ello, se empleó la siguiente fórmula:

$$R = BN / CT$$

Donde: R: Rentabilidad

BN: Beneficio neto

CT: Costo total

1. ¿Consume Ud. queso? a. Si b. No 2. Aparte del queso Paria, ¿Qué tipo de queso consume Ud.? a. Tipo paria b. andino c. Gouda d. otros 3. ¿Cuántos Kg de queso andino consume Ud. a la semana? a. 1 kg b. 2 kg c. No consume d. No conoce 4. ¿Por qué consume Ud. ¿el queso de su preferencia? a. Precio b. Calidad c. Apariencia (empaque) d. Contenido (peso) e. Por sus Nutrientes	5. ¿Cuánto paga Ud. ¿Cuál es el tipo de queso de 1 kg que consume? a. S/. 12.00 – 15.00 b. S/. 15.00 – 18.00 c. S/. 18.00 – 24.00 d. S/. 25.00 – más 6. ¿Dónde acostumbra Ud. a comprar queso andino? a. Supermercados b. tiendas comerciales c. Mercados locales d. no conoce. e. no compra 7. ¿el queso que le gusta, de qué región prefiere consumir? a. Arequipa b. Cusco c. Puno d. no compra

Tabla 1 - Ficha de encuesta de comercialización

2.3 Indicadores de calidad

(a) Análisis físico-químico: Se realizaron en un laboratorio acreditado y certificado por INACAL, donde se determinaron los siguientes parámetros: (%) de grasa en extracto seco, (%) humedad, (%) extracto seco y pH. **(b) Análisis microbiológicos:** La calidad microbiológica se evaluó en un laboratorio igualmente acreditado y certificado por INACAL. Los análisis incluyeron la numeración de coliformes totales (NMP/g), numeración de Staphylococcus aureus (UFC/g), detección de *Salmonella* spp. (ausencia/presencia en 25 g), y detección de *Listeria monocytogenes* (ausencia/presencia en 25 g). **(c) Evaluación sensorial**. **fase (1):** Se llevó a cabo una evaluación sensorial de cinco muestras de queso andino con 20 a 30 días de maduración, seleccionadas de plantas que habían superado las evaluaciones previas. Esta evaluación fue realizada por expertos en cata de queso andino, entrenados según los estándares FTP/2014-2017. A partir de esta evaluación, se seleccionaron dos muestras procedentes de diferentes plantas. **fase (2):** Las dos muestras seleccionadas fueron elaboradas utilizando los diagramas de flujo previamente seleccionados. Estas muestras fueron sometidas a una evaluación sensorial detallada, para la cual se diseñó una ficha de cata con una escala hedónica de cinco atributos del perfil sensorial: olor, dureza, sabor, color y textura, con un tiempo de maduración de 20, 25 y 30 días. Los jueces, entrenados bajo los estándares de las FTP/2014-2017, realizaron la evaluación.

(d) Maduración: **fase (1):** Con las dos muestras finalistas, se elaboraron tres lotes de queso andino utilizando el diagrama de flujo óptimo o estándar, con el objetivo de

evaluar la evolución de los atributos organolépticos durante 20, 25 y 30 días de maduración, ajustándose a los parámetros establecidos por las FTP/2014-2017 para un queso andino. **fase (2):** Durante el proceso de maduración, se determinó el color característico del queso andino utilizando la tabla de selección de colores RGB (codificación hexagonal) figura 1. Esto permitió identificar los códigos de color correspondientes para un queso andino, conforme a los estándares de las FTP/2014-2017.

2.4 Diseño estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el paquete SPSS. Se realizó una descripción estadística detallada, seguida de un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre las variables. Además, se emplearon gráficos de dispersión (GGraph) para visualizar la valorización de los datos y la distribución de las frecuencias de los jueces.

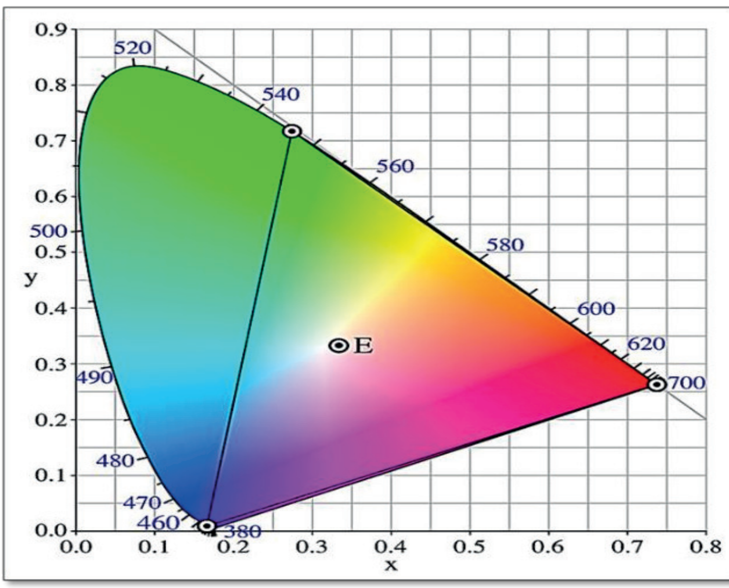


Figura 1 - *RGB-color selection table / Codificación hexadecimal del color*

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diagnóstico de identificación del problema situacional de indicadores.

En la región de Puno, se eligieron 51 plantas de procesamiento de queso como objeto de estudio para analizar los indicadores de calidad y producción, utilizando el diagrama de Ishikawa (figura 2) como herramienta principal. En cuanto a los *indicadores de producción*, se observó que el **diagrama de flujo** carece de un análisis sistemático

de la leche recolectada, lo que afecta la calidad inicial del proceso. Adicionalmente, las actividades se realizan de manera inconsistente, variando según cada operario, lo que genera inequidad en los tiempos y la ausencia de una estandarización en la duración de cada proceso. Por otro lado, en términos de **comercialización**, no se dispone de mercados de venta fijos, lo que dificulta la estabilidad comercial, y tampoco se cuenta con un cálculo preciso del costo real de producción. En lo que respecta a la **rentabilidad**, no se ha establecido una rentabilidad exacta, ni existen esquemas claros para calcular y maximizar las ganancias, lo que complica la evaluación económica del negocio. En cuanto a los *indicadores de calidad*, se identificó que en el **aspecto sensorial** no se realizan pruebas orientadas al mercado, ni se han establecido parámetros organolépticos claros para garantizar la calidad del producto. Además, en el ámbito **físico químico**, se evidencia la falta de equipos adecuados y especialistas capacitados, lo que limita tanto el análisis como el control de las propiedades fisicoquímicas del queso. Asimismo, el control **microbiológico** es insuficiente, ya que no se realizan análisis regulares del queso debido a la carencia de equipos y personal especializado. Finalmente, en términos de **maduración**, no se ha definido un tiempo óptimo ni se llevan a cabo análisis estructurales que aseguren la calidad final del producto.

3.2 Indicadores de producción.

(a). Diagrama de flujo de elaboración de queso andino. En Figura 3 muestra el resultado obtenido a partir del método utilizado para la estandarización del queso andino.

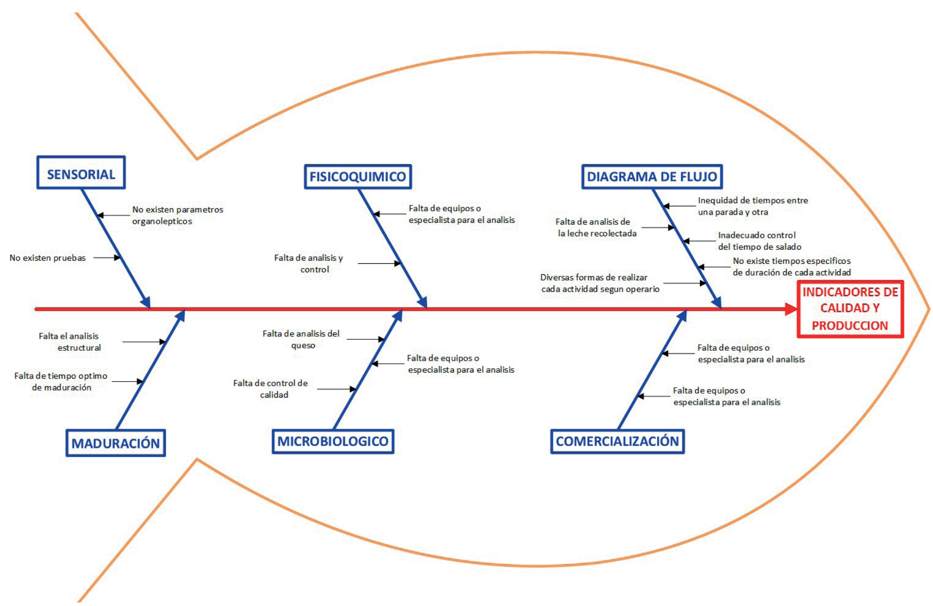


Figura 2 - Integración del Diagrama de Ishikawa y la metodología DMAIC en el análisis de indicadores de calidad y producción.

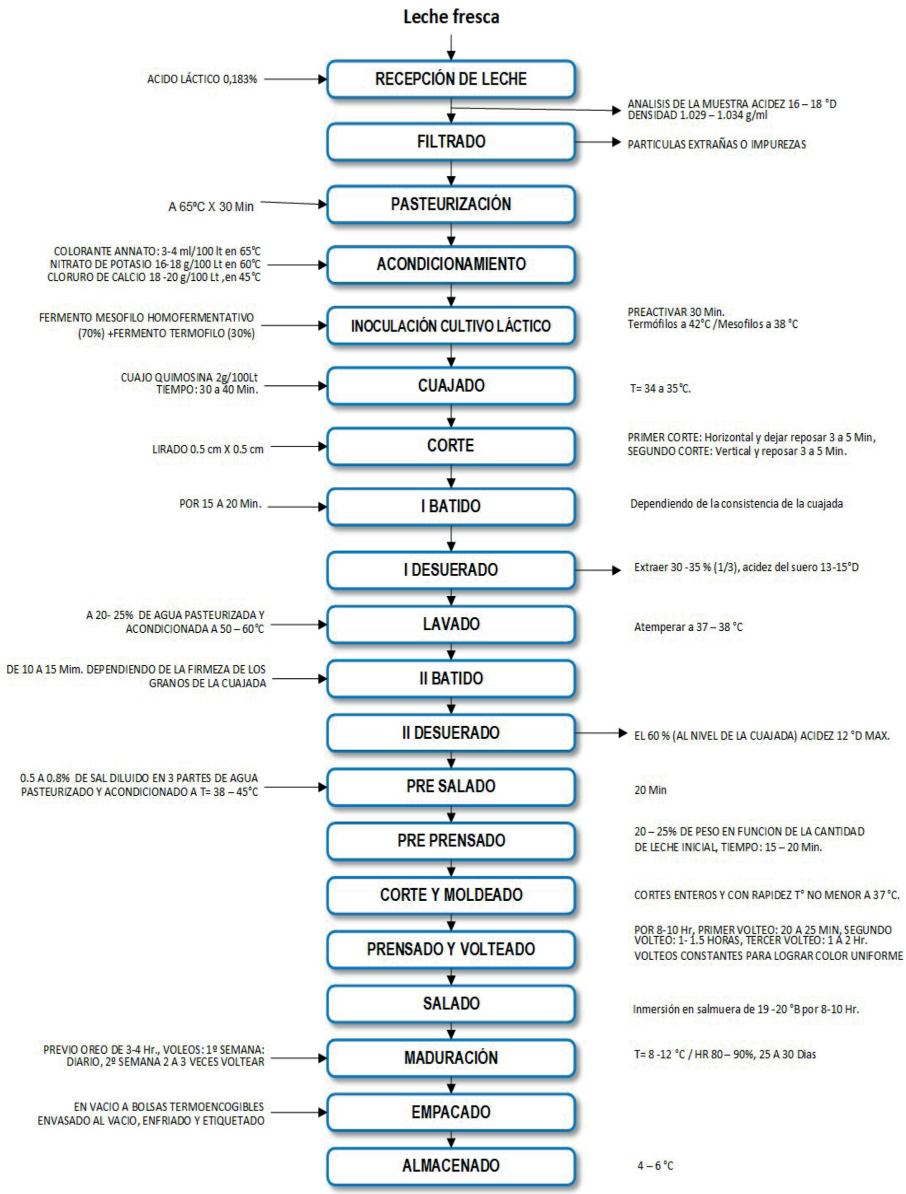


Figura 3 - *Diagrama de flujo para la elaboración de queso andino*

- **Recepción de la materia prima:** La leche debe ser entregada en la planta de procesamiento lo antes posible para minimizar la acidificación. Se verifica la acidez de la leche, que debe estar entre 16-18°D, con una densidad de 1.029-1.034 g/ml y un contenido de ácido láctico de 0,1831%. Además, se realiza la prueba de alcohol, que debe ser negativa.
- **Filtración:** La leche se filtra utilizando una tela fina para eliminar cualquier impureza o cuerpo extraño presente.

- **Pasteurización:** La leche se pasteuriza a 65°C durante 30 minutos para garantizar la eliminación de patógenos sin comprometer sus propiedades nutricionales.
- **Acondicionamiento:** Tras la pasteurización, la leche se enfría progresivamente y se añaden los insumos y aditivos necesarios en etapas específicas: a 65°C se añade colorante de annato en una proporción de 3-4 ml por cada 100 litros de leche; a 60°C se incorpora nitrato de sodio o potasio en una cantidad de 16-18 g por cada 100 litros; y a 45°C se agrega cloruro de calcio en una dosis de 18-20 g por cada 100 litros.
- **Inoculación de cultivos lácticos:** Se inoculan los cultivos lácticos mesófilos homofermentativos (70%) (Lactococcus lactis subsp. lactis + Lactococcus lactis subsp. cremoris) y termófilos (30%) (Streptococcus salivarius subsp. thermophilus + Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus). Estos cultivos deben activarse 30 minutos antes en leche pasteurizada, manteniendo los cultivos mesófilos a 38°C y los termófilos a 42°C.
- **Cuajado:** La temperatura óptima para el cuajado de la leche es de 34-35°C, durante un periodo de 30 a 40 minutos. El coagulante utilizado es quimosina, en una dosis de 2-3 g por cada 100 litros de leche.
- **Corte:** Se inicia con un corte horizontal utilizando una lira, seguido de un reposo de 3 a 5 minutos. Luego, se realiza un segundo corte vertical con la misma lira, permitiendo un nuevo reposo de 3 a 5 minutos. El objetivo es obtener granos de cuajada con un tamaño similar al de un grano de arroz (aproximadamente 0.5 cm x 0.5 cm).
- **Primer batido:** Se efectúa un batido lento para evitar la ruptura de los granos y prevenir su aglomeración, mientras se observa la evolución de la cuajada. A medida que los granos adquieren mayor consistencia, la intensidad del batido se incrementa gradualmente. Esta fase dura entre 10 y 15 minutos.
- **Primer desuerado:** Consiste en retirar una parte del suero obtenido tras el corte y batido, recomendado extraer entre el 30% y el 35% de la leche cortada. La acidez del suero no debe superar los 13-15°D.
- **Lavado y cocción:** La cuajada se lava añadiendo lentamente agua hervida y acondicionada a una temperatura de 50 a 60°C, hasta alcanzar una temperatura de 37 a 38°C. Este proceso tiene como objetivo diluir los componentes del suero. El batido debe ser vigoroso para endurecer los granos, y se recomienda utilizar una proporción de agua del 20% al 25%, según la acidez del suero.
- **Segundo batido:** Esta etapa es crucial para alcanzar el "punto" ideal de la cuajada. Generalmente, se comprueba tomando una pequeña porción de cuajada con la mano, presionando y observando si mantiene su forma al soltarla. También se puede masticar una pequeña cantidad de cuajada; si "cruje", se ha alcanzado el punto óptimo. Este batido puede durar entre 10 y 15 minutos, manteniendo una acidez máxima de 12°D.

- **Segundo desuerado:** Se retira el suero hasta que los granos de la cuajada queden visibles, aproximadamente un 60% a nivel de la cuajada, con una acidez de 12°D.
- **Pre-salado:** Esta etapa se realiza para inhibir el desarrollo de bacterias patógenas o controlar la actividad de los cultivos lácticos, evitando una post acidificación excesiva del queso, especialmente dado que la leche en la región puede ser ácida. Se añade sal en una concentración de 0.5% a 0.8%, disuelta en agua pasteurizada y acondicionada a una temperatura de 38-45°C.
- **Pre-prensado**: El pre-prensado es una etapa crucial en la producción de queso, diseñada para optimizar la expulsión del suero de la cuajada. Este proceso se lleva a cabo aplicando una presión de 20 a 25 kg por cada 100 litros de leche, pudiendo realizarse con o sin suero presente. El tiempo de pre-prensado varía entre 15 y 20 minutos. La principal ventaja de esta técnica radica en la obtención de un queso con una estructura interna uniforme, caracterizado por la ausencia o mínima presencia de ojos mecánicos, lo que también facilita el proceso de moldeo posterior.
- **Moldeado**: Inmediatamente después del pre-prensado, se procede al moldeado de la cuajada. Es fundamental evitar la exposición a corrientes de aire provenientes de puertas o ventanas abiertas, ya que el enfriamiento del queso durante este proceso puede causar rajaduras durante la maduración. La temperatura de la cuajada al momento del moldeo no debe ser inferior a 37°C, para asegurar una buena cohesión de la masa y prevenir defectos estructurales.
- **Prensado y volteos**: Durante esta etapa, se busca continuar la eliminación del suero, compactar la cuajada y definir la forma final del queso. El prensado se realiza de manera gradual, incrementando la presión progresivamente a lo largo de un periodo de 8 a 10 horas. Los volteos, esenciales para lograr una textura uniforme y un color homogéneo, se realizan en intervalos específicos: el primer volteo se efectúa entre 20 y 25 minutos, el segundo después de 1 a 1.5 horas, y el tercero entre 1 y 2 horas. Volteos adicionales se realizan para asegurar una uniformidad en el producto final.
- **Salado**: El proceso de salado se realiza sumergiendo las hormas de queso en una salmuera con una concentración de 19 a 20 ºB, durante un periodo de 8 a 9 horas. Este paso es crucial para el desarrollo del sabor, la textura, y la preservación del queso.
- **Maduración**: Antes de ingresar a la cámara de maduración, los quesos deben orearse durante 3 a 4 horas. La maduración se lleva a cabo en un ambiente controlado con una temperatura de 8 a 12 ºC y una humedad relativa del 80 al 90%, durante un periodo de 25 a 30 días. Durante la primera semana, los quesos se voltean diariamente, mientras que en la segunda semana, se voltean de 2 a 3 veces. Este proceso es esencial para el desarrollo del sabor y la textura característicos del queso.

- **Empacado**: Después de un periodo de 10 a 12 días de maduración, los quesos se recubren con cera de color amarillo y se empacan al vacío para su conservación.
- **Almacenado**: Finalmente, los quesos se almacenan en refrigeración, a una temperatura de 4 a 6 ºC, donde pueden mantenerse en condiciones óptimas hasta por 180 días, preservando su calidad y características organolépticas.

(b) Comercialización

La figura muestra los hábitos de consumo de queso en una muestra de 100 personas de Arequipa, encuestadas en supermercados y puntos de venta. Se distingue entre consumidores y no consumidores de queso, lo que proporciona una visión clara de las preferencias locales y las oportunidades de mercado.

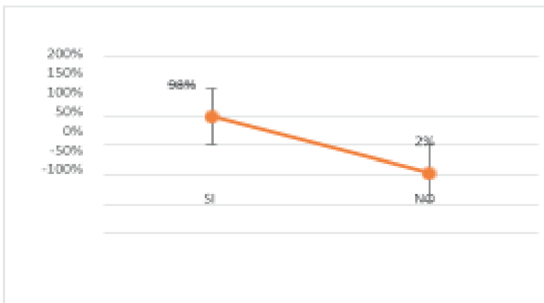


Figura 4 - *¿consume Ud. Queso?*

Figura que muestra que el 98% de la muestra consume queso, mientras que el 2% no lo consume

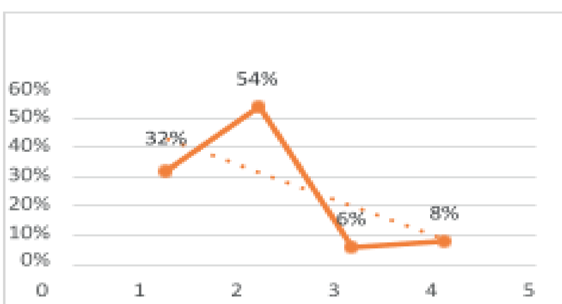


Figura 5. *Aparte del queso paria* ¿Qué *tipo de queso consume Ud.?*

De acuerdo con la figura, el 54% prefiere consumir queso tipo paria, el 32% opta por queso andino, el 6% elige queso gouda y el 8% consume otros tipos de queso, en función de los porcentajes presentados.

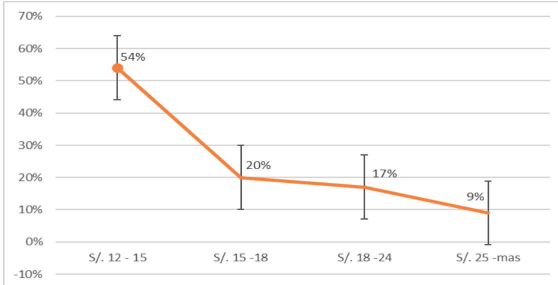


Figura 6 - *¿Entre cuánto paga Ud.* ¿Cuál *es el tipo de queso de 1kg que consume?*

Según la figura, el 54% de las personas encuestadas paga entre 12 y 15 nuevos soles por queso tipo paria, el 20% paga entre 15 y 18 nuevos soles por el mismo tipo de queso. Además, el 17% de los encuestados paga entre 18 y 24 nuevos soles por queso andino, mientras que solo el 9% paga 25 nuevos soles o más por queso andino o gouda.

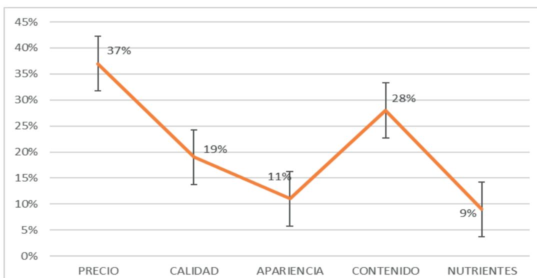


Figura 7 - *¿Por qué consume Ud. ¿Cuál es el tipo de queso de su preferencia?*

Según la figura, la encuesta revela que la mayoría de los encuestados (37%) basa su decisión de compra de queso en el precio del producto. El 28% considera la cantidad (kg) disponible como el factor decisivo, mientras que el 15% prioriza la calidad del queso. Un 11% se ve influenciado por la apariencia, y solo un 9% toma en cuenta los nutrientes como factor determinante. Además, la falta de conocimiento y el alto costo de los productos de buena calidad también afectan el consumo.

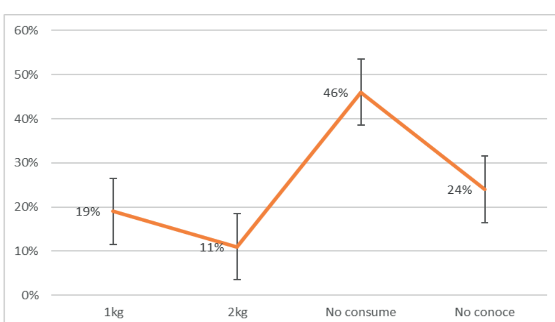


Figura 8 - *¿Cuántos Kg de queso andino consumen Uds. a la semana?*

De la figura, se observa que el 15% de los encuestados consume 1 kg de queso andino por semana, mientras que el 9% consume 2 kg por semana. Por otro lado, el 48% de los encuestados no consume queso andino debido a su costo y la disponibilidad limitada en el mercado, y el 28% no está familiarizado con este producto.

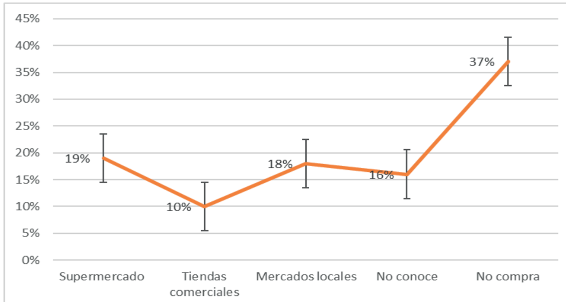


Figura 9 - *¿Dónde acostumbra Ud. a comprar queso andino?*

De la figura, se observa que la mayoría de los encuestados no compra queso andino (37%) o no lo conoce (16%). Aquellos que lo consumen lo adquieren en supermercados (19%), tiendas comerciales (10%) y mercados locales (18%). Ante esta realidad, el queso andino sigue siendo un producto poco conocido tanto en el mercado como entre los consumidores

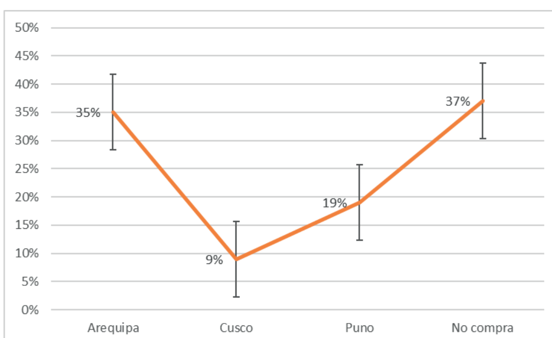


Figura 10 - *¿El queso que le gusta, de qué región prefiere consumir?*

De la figura, se observa que el 35% de los encuestados consume quesos andinos de la región de Arequipa, mientras que un 9% prefiere quesos andinos de la región de Cusco. Además, un 19% prefiere quesos de la región de Puno, y el 37% no compra quesos andinos.

Los datos de la encuesta muestran que el queso andino, preferido por el 32% de los encuestados, enfrenta competencia significativa con quesos como el tipo paria (54%). Aunque el queso andino tiene cualidades destacables, como un buen perfil de sabor y características organolépticas, enfrenta desafíos en términos de costo y disponibilidad,

factores críticos identificados por (Parmentier y Weber, 1990). (Fox y McSweeney, 1998) resaltan que el contenido de humedad y el proceso de maduración del queso andino pueden competir favorablemente con otros quesos. Sin embargo, el 48% de los encuestados no consume queso andino debido a su precio elevado y disponibilidad limitada, coincidiendo con la preocupación sobre el precio reportada en diversos estudios (Randel et al., 2016). La falta de conocimiento del queso andino, que afecta al 28% de los encuestados, sugiere la necesidad de mejores esfuerzos de promoción y educación, como sugieren (Dempster et al., 2019). Además, el hecho de que el 35% de los encuestados prefiere quesos andinos de Arequipa refleja la importancia de la procedencia en la percepción del consumidor, una tendencia respaldada por (Falguera et al., 2014). Por lo tanto, para mejorar la aceptación del queso andino, se deben abordar el costo, la disponibilidad y la promoción del producto, destacando sus características únicas y su origen regional.

(c) Rentabilidad

En cuanto al rendimiento, se requieren 9.5 litros de leche para producir un queso andino de 1 kg. El costo de producción de cada queso es de 11.68 nuevos soles, y se vende a 16.00 soles, generando un ingreso de 1,684.21 soles y un beneficio de 454.50 soles, con una rentabilidad diaria del 36.96%.

Este rendimiento es comparable con otros quesos tradicionales, como lo describen (Fox y McSweeney, 1998). El margen de beneficio es consistente con las observaciones de (Randel et al., 2016), que destacan la importancia de un margen saludable para la viabilidad económica. La rentabilidad está influenciada por la eficiencia operativa y la percepción del valor del producto, como indican (Parmentier y Weber, 1990) y (Dempster et al., 2019). Para mantener y mejorar la rentabilidad, es crucial considerar la competencia y la percepción del valor en el mercado.

3.3 Indicadores de calidad

(a) Análisis físico químico.

De acuerdo con la metodología aplicada para la estandarización del queso andino, se realizó un análisis fisicoquímico a las dos muestras finalistas que presentaban una apariencia cercana a lo estipulado en las FTP/2014-2017 para un queso andino. El Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad, siguiendo el Método ISO 1735/IDF 005:2014, determinó el contenido de grasa en extracto seco, y mediante el Método ISO 5534/IDF 004:2014, se determinó la humedad, parámetros esenciales para asegurar la compatibilidad con lo establecido en las FTP/2014-2017. Por su parte, el laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Aplicó la norma NTP-202.152 para determinar el contenido de grasa, y la norma NTP-202.149 para la humedad. Esta metodología permitió aumentar la credibilidad de los análisis

Parámetro	Compatibilidad LEyCC-UCSM / LAB. LP SRL	Parámetro según FTP/2014-2017	
		Tipo de Queso	Requisito
Humedad (%)	33.08 ± 3.0	Andino	Máx = 42%
Grasa en base seca (%)	47.71 ± 2.7	Semi graso	Min =45%
pH	5.5 ± 0.1	-	Max = 5.6

Tabla 2 - *Análisis físico químico de queso andino*

Fuente:LEyCC-UCSM/Lab. Louis Pasteur S.R.L.

Se realizó un análisis físico-químico para ambas muestras, obteniéndose valores cercanos a los especificados en las FTP. En cuanto al contenido de grasa, la primera muestra presentó un 48.80% y la segunda un 46.62%. En cuanto a la humedad, se registraron valores de 35.14% y 31.02%, respectivamente. Estos parámetros se promediaron (Tabla 2) y se determinó que están dentro del rango permitido por la NTP. Al momento del análisis, las muestras presentaban características organolépticas similares: un color amarillo marfil o intenso, textura firme y compacta, superficie lisa sin grietas ni poros, y un sabor y olor agradables propios de la maduración. El queso era semiduro, con un tiempo de maduración de 25 días, mantenido a una temperatura de 8-12°C, y un pH entre 5.4 y 5.6. El proceso de elaboración siguió un diagrama de flujo optimizado para la estandarización.

El análisis físico-químico de las muestras de queso andino mostró que el contenido de grasa fue de 48.80% en la primera muestra y 46.62% en la segunda, con humedad de 35.14% y 31.02%, respectivamente, todos dentro del rango permitido por las normas NTP. Las características organolépticas incluyeron un color amarillo marfil o intenso, textura firme y compacta, y un sabor y olor agradables, confirmando la calidad deseada del queso. El pH, que se situó entre 5.4 y 5.6, está en el rango óptimo para quesos semiduros, lo cual es consistente con la literatura de (Parmentier y Weber, 1990) sobre la maduración adecuada. (Fox y McSweeney, 1998) destacan la importancia del contenido de grasa y humedad en la calidad del queso, y los resultados obtenidos reflejan una producción controlada. Según (Dempster et al., 2019), las características organolépticas obtenidas son esenciales para la aceptación del queso por los consumidores. Además, el uso de un diagrama de flujo optimizado para la estandarización, como se menciona en el estudio, ayuda a mantener la calidad y consistencia del producto final (Falguera et al., 2014).

(b) Análisis microbiológico

En cuanto al análisis microbiológico, todo producto alimenticio debe cumplir con condiciones óptimas de higiene y estar libre de cualquier tipo de contaminación, especialmente de microorganismos patógenos, para garantizar su consumo o comercialización segura. Los análisis realizados incluyeron la detección de coliformes utilizando el método AOAC 21st 2019, Staphylococcus aureus con el método AOAC 21st 2019, Salmonella según el ICMSF Vol. I (Reimpresión, 2000), y Listeria monocytogenes empleando el método oficial

AOAC 997.03.

Parámetro	Método	NTP 202.194-2010		Medios Utilizados
		m	M	
Coliformes totales /g (37°C)	170 ±10	$2x10^2$	1000	Si
Staphylococcus aureus	8.55 ± 5	10	100	Si
Lysteria monocytogenes en 25 g	Ausencia	Ausencia	-	Si
Salmonella sp. /25g	Ausencia	Ausencia	.	Si

Tabla 3 - *Compatibilidad microbiológica con las NTP*

Fuente: LEyCC-UCSM, LAB. LP S.R.L. vs NTP 202.194-2010

El análisis microbiológico de las muestras de queso andino mostró conteos de coliformes de 180 NMP/g y 160 NMP/g, y niveles de Staphylococcus aureus inferiores a 9.2 UFC/g y 7.9 UFC/g. No se detectaron Listeria monocytogenes y Salmonella sp en ninguna muestra. Los resultados cumplieron con los parámetros de la FTP/2014-2017 y no presentaron diferencias significativas. Estos valores promedio (Tabla 3) servirán como referencia para la estandarización del queso. Según (Mollestad et al., 2019), aunque los niveles de coliformes están dentro del límite permitido, se debe mantener un control riguroso para prevenir posibles contaminaciones. La baja presencia de Staphylococcus aureus, como indican (Gänzle et al., 2018), sugiere prácticas de higiene efectivas, ya que este patógeno puede producir toxinas dañinas. La ausencia de Listeria monocytogenes y Salmonella sp respalda las observaciones de (Jay et al., 2018) sobre la importancia de las prácticas de manejo y refrigeración para evitar la proliferación de estos peligrosos patógenos. Finalmente, (Hugas et al., 2020) destacan que la conformidad con los estándares microbiológicos garantiza la seguridad y calidad del queso andino, confirmando la eficacia del proceso de estandarización.

(c) Análisis sensorial.

En la tabla 4 se observa. El análisis sensorial del queso andino muestra que cumple con los parámetros de la Ficha Técnica del Producto (FTP/2014-2017). El queso tiene el olor de una maduración suave, dureza semidura y suave, sabor suave y agradable, y una textura lisa y compacta sin grietas ni poros. Su color es amarillo marfil o intenso, alineado con los estándares especificados. Estos resultados confirman que el queso andino cumple con los requisitos de la FTP/2014-2017..

Parámetro	Resultados	Parámetro según FTP/2014-2017
		Requisitos para el queso andino
Olor	A maduración	A maduración
Dureza	Semi duro suave	Semi duro
Sabor	Suave, agradable a maduración	Suave y agradable a maduración
Textura	Sin grietas, ni ojos, ni poros, lisos y Compacta	Firme, compacta, lisa y sin grietas ni poros.
Color	Amarillo marfil o intenso	Amarillenta marfileña

Tabla 4 - *Compatibilidad sensorial con las FTP*

Fuente: evaluación sensorial J.E. vs Parámetro según la FTP/2014-2017

La evaluación sensorial, realizada con 30 jueces semi-entrenados a una escala hedónica de 1 a 5, determinó los aspectos organolépticos (olor, dureza, sabor, textura y color) de las muestras finalistas, comparándolas con los criterios de la Ficha Técnica del Producto FTP/2014-2017. Los resultados se analizaron con el software estadístico SPSS.

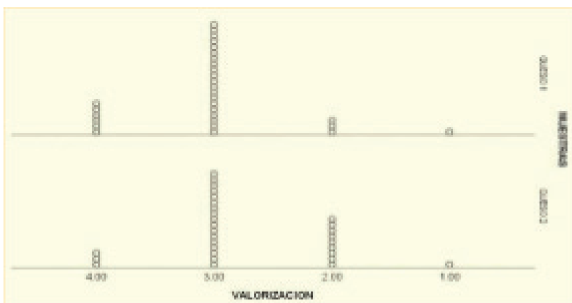


Figura 11 - *GGraph – Dispersión de valorización para el olor*

De la figura, los resultados para la **dureza** muestran que el mayor puntaje es 33, correspondiente a la valoración 3 (semi duro y elástico). Le sigue un puntaje de 14 para la valoración 2 (duro), 8 para la valoración 4 (blando), 5 para la valoración 1 (muy duro), y 0 para la valoración 5 (suave).

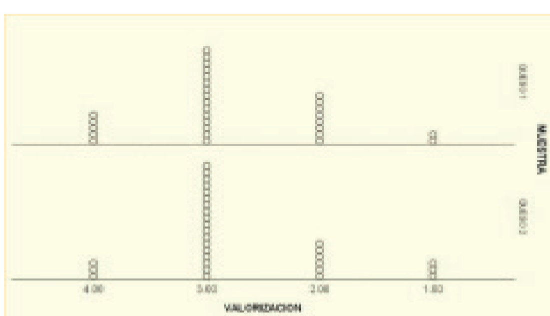


Figura 12 - *GGraph – Dispersión de valorización para la dureza*

De la figura, los resultados para el **olor** muestran que el mayor puntaje es 37, correspondiente a la valoración 3 (regular a maduración suave). Le sigue un puntaje de 12 para la valoración 2 (rancio), 9 para la valoración 4 (insípido), 2 para la valoración 1 (muy intenso a rancio) y 0 para la valoración 5 (láctico)

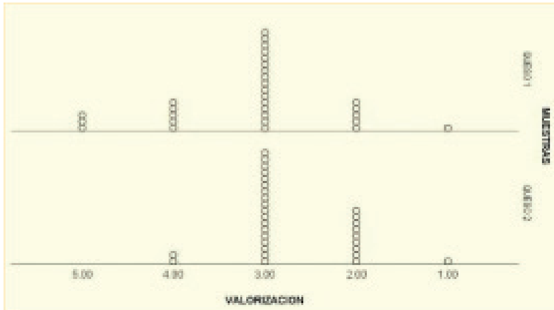


Figura 13 - *GGraph – Dispersión de valorización para el sabor*

De la figura, los resultados para el sabor muestran que el mayor puntaje es 34, correspondiente a la valoración 3 (suave, agradable y láctico). Le sigue un puntaje de 14 para la valoración 2 (bajo), 7 para la valoración 4 (ligeramente salado), 2 para la valoración 1 (muy bajo), y 3 para la valoración 5 (muy salado)

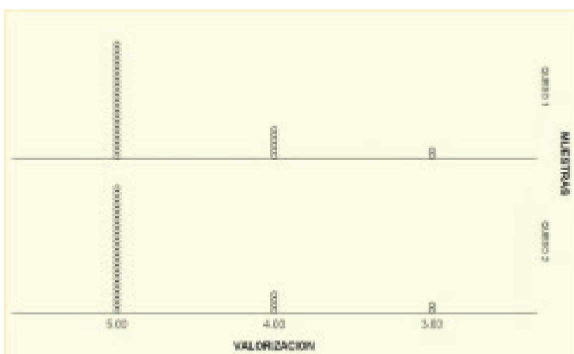


Figura 14 - *GGraph – Dispersión de valorización para la textura*

De la figura, los resultados para la textura muestran que el mayor puntaje es 46, correspondiente a la valoración 5 (firme, compacta, lisa y sin poros). Le sigue un puntaje de 4 para la valoración 3 (pocos poros), 10 para la valoración 4 (pocas grietas y poros), y 0 tanto para la valoración 2 (presenta pocos poros) como para la valoración 1 (presenta muchos poros)

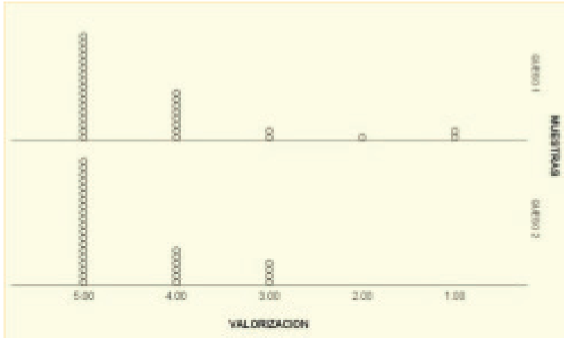


Figura 15 - *GGraph – Dispersión de valorización para la color*

De la figura, los resultados para el color muestran que el mayor puntaje es 37, correspondiente a la valoración 5 (amarillento intenso). Le sigue un puntaje de 14 para la valoración 4 (amarillento marfil), 6 para la valoración 3 (amarillo pálido), 1 para la valoración 2 (ligeramente amarillo) y 2 para la valoración 1 (blanco).

El análisis sensorial del queso andino muestra que el olor más valorado es “regular a maduración suave” (37), lo cual coincide con los hallazgos de (Fox et al., 2000), quienes señalaron que este aroma indica una maduración adecuada. La dureza preferida es “semi duro y elástico” (33), en línea con (Szczesniak, 2002), quien destacó que esta textura es deseable en quesos maduros. El sabor más apreciado es “suave, agradable y láctico” (34), respaldando las observaciones de (McSweeney et al., 2016) sobre la preferencia por sabores moderados en quesos curados. La textura ideal es “firme, compacta, lisa y sin poros” (46), confirmando los resultados de (Johnson et al., 2018) sobre la importancia de una textura uniforme. Finalmente, el color “amarillento intenso” (37) es el más valorado, apoyando los hallazgos de (Ribeiro et al., 2019), quienes identificaron este color como una característica deseable en quesos andinos.

(d) Maduración

Después del prensado, el queso andino se somete a maduración durante 20, 25 y 30 días. Con 25 días de maduración, se cumplen los parámetros de la FTP-2014-2017 y las preferencias del consumidor (figura 17). El queso adquiere un color amarillo marfil, un sabor suave y agradable, y una textura firme, compacta y lisa con bajo nivel de humedad, evitando la formación de ojos, poros o grietas. Esta maduración también permite que el queso tenga una dureza semidura y elástica, según los requisitos de la FTP-2014-2017. El color óptimo, influenciado por el tiempo de maduración, es amarillo marfil, y los códigos de color RGB (HEX #EC8508, RGB 236, 181, 11, HSL 45, 95%, 48%) (figura 16), especifican este tono característico del queso andino en la región de Puno.

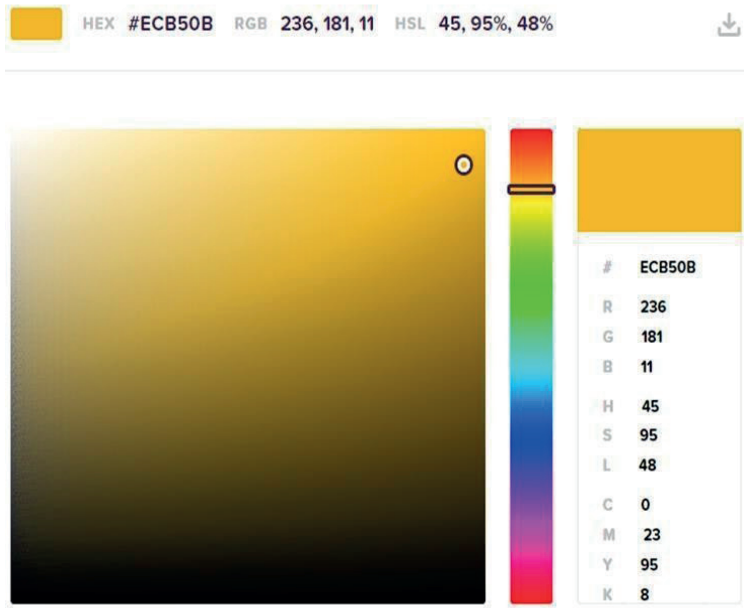


Figura 16 - *RGB-color selection table color óptimo para queso andino.*

El proceso de maduración del queso andino durante 20, 25 y 30 días revela que el período óptimo para alcanzar las características deseadas es de 25 días. Según el estudio de (O'Neill et al., 2004), la maduración adecuada del queso afecta positivamente la textura y el sabor, lo cual se confirma en este caso, ya que el queso andino presenta una textura firme, compacta y lisa, con un sabor suave y agradable después de este tiempo.

Los resultados también coinciden con las observaciones de (Fox y McSweeney, 1998), quienes destacan que una humedad baja previene la formación de ojos, poros o grietas, crucial para la calidad del queso. Además, el color amarillo marfil logrado al cabo de 25 días es consistente con las expectativas de la FTP-2014-2017 y los hallazgos de (Ribeiro et al., 2019), quienes señalan que el color del queso andino puede ser usado como un indicador de maduración óptima. Los códigos de color RGB especificados (HEX #EC8508, RGB 236, 181, 11, HSL 45, 95%, 48%) proporcionan una referencia precisa para evaluar la calidad visual del queso andino, como también lo sugieren estudios sobre la estandarización de colores en productos lácteos (Gómez et al., 2016). En resumen, el tiempo de maduración de 25 días no solo cumple con los estándares de calidad establecidos, sino que también satisface las preferencias del consumidor, tal como lo afirman diversos estudios sobre la maduración de quesos.

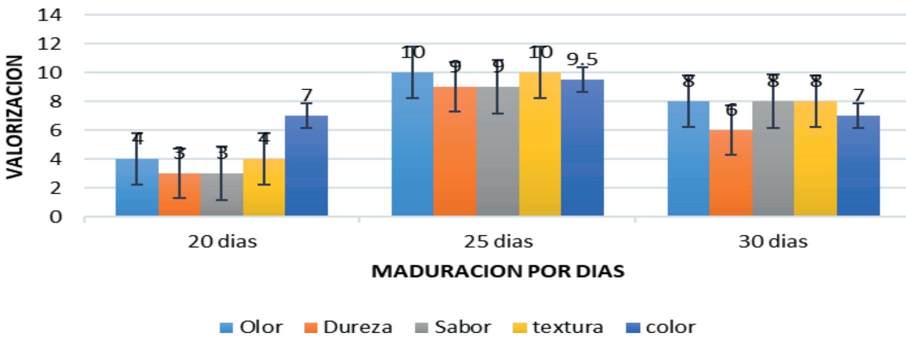


Figura 17 - *Maduración ideal por días*

4 I CONCLUSIONES

En conclusión, la elaboración de un diagrama de flujo de proceso estandarizado ha demostrado ser esencial para la producción de queso andino en la región de Puno, asegurando consistencia en los parámetros, indicadores, variables e insumos involucrados. A pesar de enfrentar competencia significativa de otros quesos como el tipo Paria, el queso andino destaca por su perfil organoléptico, lo que le confiere un lugar preferido por el 32% de los encuestados. Además, la rentabilidad de la producción de queso andino es notable, alcanzando un 44.57%, aunque su variabilidad depende de factores como la tecnología y los métodos empleados en cada planta quesera.

En relación al análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial del queso andino madurado durante 25 días bajo condiciones controladas ha confirmado que los parámetros obtenidos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas, garantizando un producto de alta calidad. Los valores de humedad, grasa en base seca y pH se ajustan a las normativas FTP, mientras que los resultados microbiológicos cumplen con las normas NTP 202.194-2010, asegurando la seguridad del producto. Además, las características organolépticas del queso, como su olor, dureza, textura y color, alcanzan los estándares deseados, destacando su color amarillo marfil o intenso Estos hallazgos subrayan la importancia de la estandarización en la mejora de la competitividad y sostenibilidad del queso andino en el mercado.

REFERENCIAS

1. Carrillo, M., García, S., & Torres, L. (2017). Mejora continua en la producción de alimentos tradicionales. Editorial Universitaria.

2. Dempster, M. A. H., Lewis, M., & Ross, K. (2019). Consumer Perception of Artisan and Regional Cheeses. Food Quality and Preference, 71, 199-207.

3. Falguera, V., Quevedo, J. M., & Alvarruiz, A. (2014). Influence of Origin on Cheese Quality and Perception. Journal of Dairy Science, 97(6), 3654-3663.

4. Fernández, A., & Morales, J. (2016). Impacto de la estandarización en productos lácteos artesanales. Revista de Tecnología Alimentaria, 34(2), 45-59.

5. Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (1998). Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Chemistry of Milk Proteins. Springer.

6. Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2000). Fundamentals of Cheese Science. Springer.

7. Gänzle, M. G., Verheul, A., & Hugenholtz, J. (2018). Staphylococcus aureus in Cheese Production: Risk and Control Strategies. Food Control, 92, 314-322.

8. García, M. (2020). Calidad y seguridad en la producción de queso andino. Editorial Andina.

9. Gómez, M., Fernández, M., & Pérez, M. (2016). Standardization of Color in Dairy Products: A Comprehensive Review. Journal of Dairy Science, 99(7), 5368-5380.

10. Hugas, M., Candel, S., & Carrascosa, A. V. (2020). Quality Assurance and Control in Cheese Production. Journal of Dairy Science, 103(6), 5235-5250.

11. Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2018). Modern Food Microbiology. Springer.

12. Johnson, M. E., Clarke, A. S., & Flanagan, P. (2018). Cheese Texture: Instrumental and Sensory Analysis. Journal of Dairy Science, 101(12), 11167-11178.

13. López, D., Márquez, R., & Hernández, P. (2018). Análisis sensorial y microbiológico de quesos tradicionales. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Alimentaria, 29(3), 102-110.

14. Martínez, P. (2017). Prácticas agroindustriales y estandarización en la región andina. Editorial Regional.

15. McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., & Cogan, T. M. (2016). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Academic Press.

16. Mollestad, H., Holck, A., & Heggset, E. B. (2019). Microbiological Quality and Safety of Cheese Products. International Dairy Journal, 87, 78-86.

17. O'Neill, H., McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (2004). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Elsevier.

18. Parmentier, M., & Weber, H. (1990). Principles of Cheese Science. Springer.

19. Pérez, J., & Díaz, C. (2017). Maduración del queso: Factores críticos de calidad. Ediciones Técnicas.

20. Randel, R. D., Goff, H. D., & Kosikowski, F. V. (2016). Economics of Cheese Production and Marketing. Dairy Science and Technology.

21. Ribeiro, M. T., Figueiredo, A. C., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2019). Color Measurement and Quality Control in Cheese Production. Food Control, 100, 27-35.

22. Ribeiro, M., Sanches, M., & Almeida, J. (2019). Color and Flavor Development in Cheese. Food Research International, 115, 400-410.

23. Rodríguez, A. (2019). Procesos de maduración en quesos andinos. Revista Científica de Tecnología Alimentaria, 37(4), 78-85.

24. Rojas, H., & Vargas, L. (2019). Estandarización de procesos en productos agroalimentarios. Revista de Innovación Alimentaria, 12(1), 23-34.

25. Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a Sensory Property. Food Quality and Preference, 13(1), 21-32.

26. Valdivia, L. (2018). Retos y oportunidades en la producción de queso andino en Puno. Editorial Andina.

27. Zapata, J. (2015). Estandarización y competitividad en la industria alimentaria. Editorial Alfa.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SÉRUNS FACIAIS CONTENDO EXTRATO SECO DE *Hibiscus sabdariffa* L.

Data de submissão: 01/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Hanna Rubia Almeida de Souza
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/0563513110401925

Thalia da Rocha Carvalho
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/1608289203538081

Guilherme Almeida de Araújo
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/7131301191844977

Alício João Da Silva Neto
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/7562614804346468
ORCID: 0009-0008-7575-1251

Brenda Vargas Santos
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/4801739854269897

Milenna Victória Valentim de Oliveira Alencar
Centro Universitário Doutor Leão Sampaio (UNILEÃO)
Juazeiro do Norte-CE
lattes.cnpq.br/6162030050184345

Ademar Rocha da Silva
Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP)
Salvador-BA
lattes.cnpq.br/3462741737378990
ORCID: 0000-0003-4927-5112

Carine Lopes Calazans
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/1902831110621207

Morganna Thinesca Almeida Silva
Faculdade Irecê (FAI)
Irecê-BA
lattes.cnpq.br/1370186142096453
ORCID: 0000-0002-8508-1051

Salvana Priscylla Manso Costa
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Salvador-BA
lattes.cnpq.br/7558499721074840
ORCID: 0000-0003-0055-1219

José Marcos Teixeira de Alencar Filho
Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Salvador-BA
lattes.cnpq.br/0807801389134684
ORCID: 0000-0001-8878-8557

RESUMO: A pele possui funções importantes e necessita de cuidados especiais para combater os sinais do envelhecimento cutâneo, processo de oxidações biológicas que diminuem as defesas antioxidantes. Em respostas aos avanços no ramo estético e da procura crescente por produtos cosméticos menos agressivos, a indústria passou a desenvolver cosméticos com multifuncionalidade, a exemplo dos séruns, tipo de cosmético que possui ação hidratante e pode ser combinado com ativos naturais, como o *Hibiscus sabdariffa* L. Com nome popular de "hibisco-vermelho", ou simplesmente "hibisco", esta planta possui em sua composição moléculas com propriedades antioxidantes, ativos ideais para veiculação na forma de séruns. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e avaliação da qualidade de séruns faciais contendo o extrato seco de *H. sabdariffa*. Para tanto, uma fórmula base sem extrato e duas fórmulas contendo o extrato de *H. sabdariffa* foram desenhadas, manipuladas e submetidas aos testes de resistência à centrifugação, determinação do pH, da condutividade elétrica, da densidade, da viscosidade, da espalhabilidade e ao estudo de estabilidade preliminar, segundo a Guia de Estudos de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA. Além disso, a atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada com o extrato de hibisco. Como resultados, a atividade antioxidante do extrato obteve IC_{50} de 522,40 μg/mL. As amostras resistiram à centrifugação. Após serem submetidas ao estudo de estabilidade preliminar e testes de controle de qualidade, as amostras tiveram pH variando entre 6,53 e 4,26; condutividade com valores entre 181,3 e 103,7 mV; e densidade entre 1,01 e 1,02 g/mL. No que se refere a espalhabilidade, percebeu-se que a base possuía maior espalhabilidade que as fórmulas com o extrato de hibisco. Além disso, a espalhabilidade das amostras submetidas aos ciclos de congelamento e descongelamento tiveram a sua espalhabilidade reduzida. Em relação a viscosidade, a base apresentou-se como sendo a formulação menos viscosa, corroborando com os dados de espalhabilidade. As fórmulas manipuladas apresentaram-se estáveis, com poucas mudanças nos resultados das análises realizadas antes e após o estudo de estabilidade preliminar, destacando o seu potencial como produto para a indústria cosmética.
PALAVRAS-CHAVE: Hibisco; Cosméticos naturais; controle de qualidade.

DEVELOPMENT AND QUALITY EVALUATION OF FACIAL SERUNS WITH *Hibiscus sabdariffa* L. DRY EXTRACT

ABSTRACT: The skin has important functions and requires special care to combat signs of skin aging, a process of biological oxidation that reduces antioxidant defenses. In response to advances in the aesthetics industry and the growing demand for less aggressive cosmetic products, the industry has started to develop multifunctional cosmetics, such as serums, a type of cosmetic that has a moisturizing action and can be combined with natural active ingredients, such as *Hibiscus sabdariffa* L. Popularly known as "red hibiscus" or simply "hibiscus", this plant has antioxidant properties in its compositions, ideal for delivery in the form of serums. The present study aimed to develop and evaluate the quality of serums contained in the dry extract of *H. sabdariffa*. For this purpose, a base formula without extract and two formulas containing *H. sabdariffa* extract were designed, manipulated and subjected to centrifugation resistance tests, determination of pH, electrical conductivity, density, spreadability and preliminary stability study, according to the ANVISA Guide for Studies on Stability of Cosmetic Products.

In addition, the antioxidant activity by the DPPH radical scavenging method was performed with the hibiscus extract. As a result, the antioxidant activity of the extract obtained an IC_{50} of 522.40 μg/mL. The samples withstood centrifugation. After being subjected to the preliminary stability study and quality control tests, the samples had pH ranging from 6.53 to 4.26; conductivity with values between 181.3 and 103.7 mV; and density between 1.01 and 1.02 g/mL. Not referring to spreadability, it was found that the base had greater spreadability than the formulas with hibiscus extract. Furthermore, the spreadability of the samples subjected to the freezing and thawing cycles had reduced spreadability. Regarding viscosity, the base was the least viscous formulation, corroborating the spreadability data. The manipulated formulas had consequences, with some changes in the results of the analyses performed before and after the preliminary stability study, highlighting its potential as a product for the cosmetics industry.
KEYWORDS: Hibiscus; Natural cosmetics; Quality control.

1 I INTRODUÇÃO

A pele possui como principal função atuar como uma barreira protetora contra agressões prejudiciais à saúde. Além disso, a camada epiderme desempenha funções adicionais, como a síntese de colágeno, crucial para a saúde da pele (Canteiro e Weckerlin, 2022; Bohjanen, 2017). Dessa forma, esse órgão necessita de cuidados especiais, em destaque para a pele facial que passa por modificações mais rapidamente. (Sathler, 2018).

O envelhecimento cutâneo se trata de alterações fisiológicas inevitáveis e consiste em oxidações biológicas na pele, podendo ocorrer intrínseca ou extrínseca. Essas oxidações desencadeiam em eventos que comprometem a homeostase cutânea e levam ao declínio das funções dérmicas (Trindade*,* 2022; Han, 2015). Ou seja, com o avanço da idade a pele perde propriedades importantes, isso ocorre pela diminuição da síntese de colágeno e de elastina, além da pele possuir menor regeneração celular, diminuindo suas defesas antioxidantes (Trindade *et al.,* 2022).

Na atualidade, os avanços na área da estética permitiram o aumento na busca pelo cuidado com a pele. Em resposta a essas mudanças, a indústria dos cosméticos tem passado por transformações, desenvolvendo produtos capazes de oferecer múltiplas funções em uma única formulação, acarretando na eficácia maior dos tratamentos para a pele (Vieira *et al*., 2023).

Alinhado a esse intuito, o sérum facial, apresenta-se como uma ótima forma farmacêutica, por ser um produto hidratante de leve consistência viscosa e/ou líquida, podendo conter ativos de ação antioxidante. Sendo assim, ele apresenta diversos benefícios, como por exemplo a boa espalhabilidade, fluidez e alta capacidade de penetração na pele, favorecendo a rápida absorção do ativo (Botelho *et al*., 2023 e Sathler, 2018).

Simultaneamente, tem se observado uma crescente procura por produtos menos agressivos, sendo os produtos que contêm ingredientes com propriedades antioxidantes os mais procurados no mercado, a exemplo dos cosméticos com a adição de bioativos,

ou seja, que incorporam pelo menos um princípio ativo de origem natural, evitando assim processos de síntese química (Khuanekkaphan *et al.,* 2020).

Nesse contexto, a espécie *Hibiscus sabdariffa* L.*,* conhecida como hibisco*,* surge como um ingrediente promissor para séruns faciais, por se tratar de uma planta que tem como principais constituintes os flavonoides (em especial as antocianinas), que possuem, dentre outras, propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Riaz *et al.*, 2018). Ademais, os antioxidantes presentes no hibisco têm a capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio, protegendo o colágeno da degradação causada pelo estresse oxidativo (Souza *et al.,*2021).

Sendo assim, é notório que o uso de produtos antioxidantes naturais, como o hibisco, resulta na diminuição das consequências cutâneas relacionadas ao estresse oxidativo (Vasconcelos *et al.*, 2018). Dentro deste cenário, incorporar extratos de hibisco na formulação de sérum facial potencializa a prevenção do envelhecimento cutâneo precoce e representa um avanço para a indústria cosmética, por se tratar de uma abordagem inovadora, oferecendo uma visão promissora para o mercado de cosméticos (Pereira, 2023; Khuanekkaphan, 2020)

Tendo em vista a vasta procura da indústria cosmética por cosméticos com diferentes ações contendo extratos naturais que atendem as necessidades da população, de forma a amenizar os efeitos do envelhecimento, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver, manipular e analisar a qualidade de séruns faciais naturais contendo extrato seco de *Hibiscus sabdariffa.*

2 I METODOLOGIA

2.1 Seleção da amostra e da forma cosmética

A forma cosmética sérum foi selecionada devido a sua praticidade de manipulação, pois trata-se de um produto de textura leve e de fácil espalhabilidade. O sérum vem se destacando no ramo da estética, principalmente por entregar resultados satisfatórios. Além disso, ele consegue atender às necessidades da pele, agregando, dessa forma, diversos benefícios por ser uma fórmula estável (Sathler, 2018). A amostra escolhida foi o extrato de hibisco, por se tratar de um ativo rico em propriedades antioxidantes que irão agregar benefícios à formulação tornando-a mais atrativa comercialmente e funcionalmente (Vasconcelos *et al*., 2018).

2.2 Avaliação da atividade antioxidante do extrato de hibisco

O extrato teve sua ação antioxidante investigada através do ensaio químico da capacidade de sequestro de radicais DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), em conformidade com a descrição de Oliveira (2015). Primeiramente, a solução estoque de DPPH foi obtida

na concentração de 0,1 mM. Em seguida, preparou-se a solução estoque em água do extrato seco em análise, na concentração de 20 mg/mL.

As reações para determinação da atividade antioxidante prosseguiram com a transferência de alíquotas das soluções-estoque das amostras para balões volumétricos de 5 mL. Em cada balão foram adicionados 2 mL da solução de DPPH e procedeu com o preenchimento com etanol absoluto até ao traço de aferição, obtendo-se concentrações de 100 - 500 µg/mL. A reação foi iniciada e os balões volumétricos foram armazenados ao abrigo da luz durante 30 minutos. Ao término da reação, os decaimentos do DPPH foram analisados em espectrofotômetro UV-Vis (modelo Shimadzu, UVmini-1240), no modo "fotometria", com comprimento de onda (λ) programado para 518 nm. As absorbâncias observadas foram inseridas na equação 1, com o objetivo de avaliar a atividade antioxidante em termos percentuais. Após isso, foi realizado o cálculo do IC_{50} (concentração capaz de inibir em 50% dos radicais).

Equação 1: % Antioxidante = 100 - (*ABS AMOSTRA-ABS BRANCO*) *X* 100 / (*ABS CONTROLE*).

2.3 Desenvolvimento e manipulação da fórmula

Para o desenvolvimento e manipulação dos séruns, foi utilizado como ponto de partida o método usado por Rasche (2013), com as adaptações necessárias. Foi analisado na literatura técnico-científica fornecida pelos fabricantes, e todos os componentes foram tidos como compatíveis uns com os outros, principalmente no que se refere ao pH, e o seu emprego está de acordo com as concentrações mínimas e máximas indicadas nesta literatura. A tabela 1 traz o detalhamento qualiquantitativo das fórmulas desenvolvidas e manipuladas.

Componente *(Fornecedor)*	**Função**	**Fórmula base**	**F1**	**F2**
Fase Termorresistente				
Hidroxietilcelulose *(Engenharia das essências)*	Espessante	0,4%	0,4%	0,4%
Goma xantana *(Engenharia das essências)*	Espessante	0,4%	0,4%	0,4%
Glicerina *(Engenharia das essências)*	Umectante	4%	3%	3%
Propanediol *(Engenharia das essências)*	Umectante	3%	3%	3%
BHT *(Engenharia das essências)*	Antioxidante	0,1%	0,1%	0,1%
Extrato da flor de Hibisco *(Engenharia das essências)*	Ativo antioxidante	-	0,5%	1,0%
Álcool etílico *(Synth)*	Solubilizante	3%	3%	3%

Água destilada	Veículo	qsp 100%	qsp 100%	qsp 100%
Fase Termossensível				
Fenoxietanol *(Engenharia das essências)*	Conservante	1%	1%	1%
Silicone volátil *(Engenharia das essências)*	Modificador de sensorial	4%	4%	4%
Essência de flor de cerejeira *(Engenharia das essências)*	Fragrância	1%	1%	1%

Tabela 1. Fórmulas de sérum.

Fonte: Autoria própria.

Legenda: F1- Formulação 1; F2- Formulação 2.

Na fase termorresistente, pesou-se o propanediol e água em um béquer e levou a mistura para o agitador mecânico. A goma xantana foi pesada juntamente com a glicerina para auxílio da sua dispersão, e em seguida levou-se essa mistura para o béquer que estava em agitação. O BHT foi pesado e dissolvido em etanol a 96° GL, sendo adicionado ao mesmo béquer contendo os demais ingredientes da fase. Essa mistura foi posta em aquecimento até temperatura de 60° C, sem agitação. Na sequência, a hidroxietilcelulose foi pesada e pulverizada, aos poucos, na mistura, agora sob agitação mecânica. A agitação se manteve por 30 minutos, até completa dispersão dos insumos.

Na fase termossensível, pesou-se em um béquer o fenoxietanol, o silicone volátil e a essência, sendo todos adicionados à fase termorresistente, após resfriamento abaixo de 40° C. A agitação manteve-se até completa homogeneização, seguindo para o processo de envase. As fórmulas passaram por um período de maturação de 7 dias a temperatura ambiente antes do início dos testes de qualidade. Na fórmula base, o extrato seco solúvel de hibisco não esteve presente. Este foi adicionado somente em F1 e F2, logo após a pesagem da água, sendo levado ao aquecimento junto aos demais insumos da fase termorresistente.

2.4 Avaliação da qualidade

Avaliar a qualidade é de suma importância, pois é através dessa avaliação que o produto terá a garantia de qualidade e segurança que necessita (Rasche, 2013). Para avaliação correta dos aspectos, foram utilizados como fonte os testes descritos na guia de estabilidade de cosméticos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e no Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os quais consistem em:

2.4.1 Teste de resistência à centrifugação

Foram pesados 5 g de cada amostra manipulada em tubos de ensaio, e em seguida foram submetidos à centrifugação, a 3.000 rotações por minuto (rpm) durante 30 minutos. O teste de centrifugação avalia a estabilidade da amostra para verificar possíveis alterações como, por exemplo, a separação dos componentes, turvação ou precipitação (Brasil, 2004).

2.4.2 Determinação do pH e da condutividade elétrica

Os testes para determinação da condutividade e do pH das amostras foram realizados com o auxílio do condutivímetro e pHmetro. A preparação das amostras ocorreu por meio de uma diluição de cada emulsão manipulada a 10%, em água destilada. Em seguida, esta solução era posta em contato com o eletrodo do pHmetro ou condutivímetro (Brasil, 2008).

2.4.3 Determinação da densidade

Para a determinação da densidade, feita com o auxílio de picnômetro de metal, foi necessário pesar o instrumento vazio e anotar o valor de sua massa (M0), em seguida, o picnômetro foi completo com água purificada, pesando novamente e anotando o peso de sua massa com água (M1). Em seguida, o picnômetro foi cheio com a amostra, tendo cuidado para evitar a formação de bolhas, pesado mais uma vez e anotado o valor encontrado (M2). Após procedimento, o cálculo é feito aplicando a fórmula presente na equação 2.

Equação 2: d= M2 - M0 / M1 - M0 (Brasil, 2008).

Onde: d = densidade; M0 = massa do picnômetro vazia, em gramas; M1 = massa do picnômetro com água purificada, em gramas; M2 = massa do picnômetro com a amostra, em gramas.

2.4.4 Determinação da viscosidade e do perfil reológico

Esse parâmetro é o que determina se o produto tem consistência ou fluidez adequada, indicando também se é estável ou não (Alencar filho *et al.*, 2020). A avaliação foi feita utilizando um viscosímetro rotacional digital, no recipiente de acondicionamento, com o torque do equipamento entre 20 e 80%, sendo escolhido para análise o fuso (*spindle*) de número 3, nas rotações de 6, 12, 30 e 60 (para cima) e 30, 12 e 6 (para baixo), com o intuito de se realizar a análise do perfil reológico. A leitura da viscosidade foi realizada de acordo com o procedimento operacional do aparelho, após o nivelamento do viscosímetro e o fuso ter sido mergulhado na amostra com temperatura estabilizada até a marca da haste do fuso (Alencar filho, 2017).

2.4.5 Determinação da espalhabilidade

A determinação da espalhabilidade das amostras foi realizada através da medida de diâmetros abrangidos, utilizando um sistema formado por placas quadradas de vidro. A amostra foi adicionada sobre a placa de vidro, em um suporte de madeira, em seguida ocorreu a adição de mais placas no intervalo de um minuto, e por meio do espalhamento da amostra foi possível realizar a leitura do diâmetro abrangido, e o cálculo de espalhabilidade realizado através do uso da equação 3:

Equação 3: $E = (d2 \times \pi) / 4$ (ALENCAR FILHO, 2017).

Onde: E = espalhabilidade da amostra; d= diâmetro médio (mm).

2.4.6 Estudo de estabilidade preliminar

Todas as amostras foram submetidas aos testes de estabilidade preliminar. Para isso, foram acondicionadas em frascos de vidro transparente com tampa. O estudo teve duração de 12 dias e durante esse período as amostras foram submetidas a condições de estresse térmico, em ciclos alternados de resfriamento e aquecimento, sendo realizados ciclos de 24 horas a 45 ± 2º C (estufa), e 24 horas a –5 ± 2º C (freezer). Amostras também ficaram armazenadas a temperatura ambiente (TA) para comparação dos resultados. Todos os testes citados foram realizados com os séruns antes (T0) e após 6 ciclos de gelo e degelo (T12) (Brasil, 2004).

2.5 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada seguindo os padrões obtidos referentes a cada procedimento, e os testes foram realizados em triplicatas, sendo expressos como média ± desvio padrão. Foi utilizado ANOVA *one way* para verificar as diferenças estatísticas, com o objetivo de analisar se as amostras apresentaram diferenças significativas em relação ao antes e depois dos ciclos de congelamento e descongelamento. Softwares como o GraphPad Prism 6.0 e OriginPro versão 8.0 (OriginLab®) foram utilizados para as análises estatísticas e construção dos gráficos apresentados.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da atividade antioxidante

Antioxidantes são moléculas que diminuem a velocidade da oxidação, através da inibição de radicais livres. A atividade antioxidante dos flavonoides está relacionada com a sua estrutura e pode ser determinada por vários fatores (Duarte-Almeida, 2006). O DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) é um radical estável, capaz de quantificar a atividade antioxidante. Esse teste mede a capacidade das amostras testadas em doar hidrogênio

a este radical, dessa forma, quanto maior o número de hidroxilas presentes na amostra, maior sua atividade antioxidante (Gonçalves *et al.*, 2015).

Sendo assim, a atividade antioxidante extrato de hibisco apresentou valores de IC_{50} de 522,40 μg/mL. Em comparação, o BHT obteve IC_{50} de 292,12 μg/mL. A IC_{50} apresentada pelo extrato de hibisco é considerada alta, levando em consideração que foi mais alto que o controle positivo do teste, podendo ser comparado também com os valores apresentados por Shafirany e colaboradores (2021), que obteve alta atividade antioxidante em avaliação de DPPH das flores de hibisco, obtendo IC_{50} entre 37,19μg/mL e 63,77μg/mL. Esses resultados podem ser explicados pela origem do extrato, pois por se tratar de um produto comercial, os compostos utilizados para sua extração, bem como substâncias misturadas para auxiliar o seu manuseio e na conservação, comprometem sua pureza, impactando na sua atividade antioxidante, visto que está diluído com o excipiente maltodextrina. Uma alternativa a isto seria a preparação do próprio extrato, na tentativa de potencializar a extração dos compostos fenólicos e manter a sua integridade.

3.2 Características sensoriais, organolépticas e resistência à centrifugação

Para análise das características físicas dos séruns de hibisco, é necessário a análise das características organolépticas, como descrito na Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA. Neste estudo, essas características foram obtidas pela análise visual e sensorial das amostras em temperatura ambiente (TA) no tempo zero (T0), antes do início do estudo de estabilidade preliminar, e no tempo 12 (T12), após 12 dias de ciclo de congelamento e descongelamento (Brasil, 2008).

Os ensaios sensoriais fornecem uma ampla avaliação do produto. Sendo assim, foi possível analisar e comparar visualmente as amostras, observando que não houveram alterações entre os produtos. Também não houve a presença de precipitação ou turvação nas amostras, ou seja, permaneceram estáveis durante todo o estudo de estabilidade preliminar.

Os dados perceptíveis através das análises sensoriais, demonstraram que as formulações apresentaram aplicação e espalhamento característico da forma cosmética tipo sérum durante todo o processo do estudo de estabilidade preliminar, ou seja, facilitada. Além disso, a sensação na pele foi considerada agradável, com secagem rápida e toque suave e leve.

Na análise dos aspectos, as amostras se mostraram homogêneas em todas as condições submetidas, ou seja, o produto é considerado estável. A cor apresentada pelo sérum base foi o branco gelo, típico da mistura de insumos utilizados em sua composição. F1 e F2 se mostraram com uma tonalidade rosa fúcsia que é característico do extrato de hibisco utilizado em sua formulação. O odor também foi relacionado à essência escolhida, flor de cerejeira.

O teste de centrifugação é realizado com o intuito de provocar estresse na amostra, para assim detectar quaisquer sinais de instabilidade da formulação (Botelho, *et al.,* 2023). Nesse viés, as amostras foram submetidas à centrifugação, e logo após foi constatado que não houve nenhum indício de instabilidade nos séruns analisados, ou seja, os produtos se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos, sendo classificados como estáveis.

3.3 Determinação do pH, da condutividade elétrica e da densidade

Dando continuidade aos testes de controle de qualidade, foram realizados os testes de controle físico-químico para determinação dos valores de pH, condutividade elétrica e densidade das amostras submetidas a diferentes condições de armazenamento.

Por ser forma de proteção da superfície cutânea contra agressões de microrganismos e, para garantir integridade tecidual, o pH da pele humana é levemente ácido, estando entre 4,0-5,8. Diante dessa informação, as formulações cosméticas devem apresentar pH entre 4,0-7,0 para estarem em conformidade com os valores previstos para a utilização em produtos tópicos (Leonardi *et al.,* 2002).

A condutividade elétrica é a facilidade que um material tem de conduzir uma corrente elétrica. alterações podem indicar instabilidades relacionadas à coalescência, com seu aumento e agregação, com a sua diminuição (Brasil, 2004)

Com relação à densidade, mudanças podem estar relacionadas a incorporação de ar ou perda de ingredientes voláteis (Brasil, 2008). Na tabela 2 é possível observar os valores do pH, condutividade e densidade das amostras submetidas ao estudo de estabilidade.

Amostra	pH (Média ± DP)	Condutividade (mV) (Média ± DP)	Densidade (g/mL) (Média ± DP)
Base T0	6,53 ± 0,05	103,7 ± 4,04	1,01 ± 0,003
F1 T0	5,63 ± 0,15	124,3 ± 6,35	1,01 ± 0,000
F2 T0	5,03 ± 0,05	145,0 ± 11,53	1,01 ± 0,001
Base T12 – TA	5,43 ± 0,05	135,3 ± 7,50	1,02 ± 0,006
F1 T12 – TA	4,73 ± 0,05	145,3 ± 3,21	1,01 ± 0,009
F2 T12 – TA	4,26 ± 0,11	181,3 ± 1,15	1,01 ± 0,000
Base T12 – GD	6,10 ± 0,10	121,7 ± 3,21	1,01 ± 0,002
F1 T12 – GD	5,00 ± 0,00	148,0 ± 1,00	1,01 ± 0,001
F2 T12 – GD	4,40 ± 0,10	181,3 ± 1,15	1,01 ± 0,000

Tabela 2: Valores de pH, condutividade e densidade das amostras

Fonte: Autoria própria.

A Guia de Estudos de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA orienta que quanto menores forem essas alterações antes e depois dos ciclos de gelo-degelo,

mais estável as fórmulas se apresentam. Isso quer dizer que pequenas alterações podem acontecer, afinal a amostra foi submetida a condições de estresse intenso (Brasil, 2004).

A partir desses resultados, nota-se que todas as amostras obtiveram pH menor que 7,0, estando dentro do ideal para a formulação, ou seja, compatível com o pH da pele.. No entanto é possível observar diferenças entre o antes e depois ($p < 0,001$), ou seja, nas formulações em T0 e em T12. Ademais, é válido ressaltar que a variação de pH pode ocorrer pela interferência de determinados metabólitos, como os flavonois, presentes no extrato de hibisco, além disso, o pH ácido auxilia na ionização facilitada desses compostos (Souza *et al.,* 2021; Alencar Filho *et al.,* 2017).

No que se diz respeito à condutividade elétrica, é possível observar que as mudanças de temperatura influenciaram na sua condutividade. Isso pode ter relação com os compostos fenólicos presentes no extrato de hibisco. O estudo realizado por Alencar Filho (2017), mostra que a carga eletroquímica das moléculas dos compostos presentes nas formulações, assim como suas estruturas químicas, é capaz de influenciar a condutividade elétrica. Analisando os resultados, é perceptível que existem diferenças significativas ($p < 0,0010$) entre a base (T0 e T12), em F1 ($p = 0,0008$, T0 e T12) e em F2 ($p = 0,0008$, T0 e T12). De acordo com Topan (2012), o armazenamento das formulações em altas temperaturas tende a diminuir a consistência do produto e aumentar a quantidade de água livre, justificando assim, o aumento da condutividade elétrica da base.

Diante disso, comparando a amostra em T0 com as de T12, foi possível observar que sempre a amostra que foi submetida ao ciclo gelo-degelo teve o aumento da condutividade, assim como a amostra que permaneceu em temperatura ambiente. Então, pode-se dizer que as formulações submetidas às ações do tempo e temperatura, tanto em TA quanto em GD, favoreceram a ionização de metabólitos secundários, aumentando a condutividade para manter a estabilidade dos ativos utilizados (Alencar Filho, 2017).

Ao analisar a densidade é possível notar que esse foi o teste que apresentou menos diferenças estatisticamente significativas. Sendo assim, os valores de densidade para a base: T0 não diferem de T12 tanto em TA quanto em GD ($p = 0,1938$). Para F1: T0 não difere de T12 tanto em TA quanto em GD ($p = 0,1979$). Já F2 possui uma pequena diferença: T0 difere de T12 tanto em TA quanto em GD ($p = 0,0037$). Apesar de haver alterações, os valores apresentados para essas formulações são considerados aceitáveis.

3.4 Determinação da espalhabilidade

A espalhabilidade é a expansão de uma formulação sobre uma superfície após um tempo e está relacionada com a aplicação e absorção sobre a pele, ou seja, é um importante aspecto a ser analisado, sendo que esse parâmetro está ligado à viscosidade e aos componentes utilizados na formulação (Santos *et al.*, 2023).

Este teste teve como objetivo avaliar a espalhabilidade das amostras antes e após as

variadas situações a que foram submetidas. Os resultados obtidos para a espalhabilidade das preparações Base, F1 e F2 estão representados na Figura 1 (T0) e Figura 2 (T12 TA e GD).

A representação gráfica da espalhabilidade, da base, F1 e F2, em função da massa aplicada revelou comportamentos semelhantes nas diferentes condições a que foram submetidas. Sendo possível observar que a base possui uma espalhabilidade maior que as duas formulações contendo o extrato de hibisco. Isto pode ser explicado pelo fato de que o extrato incorporado se trata de um insumo sólido (pó), conferindo maior viscosidade à fórmula. Sendo assim, a diferença obtida entre a base, F1 e F2, devido ao fato da concentração de sólidos em suas formulações.

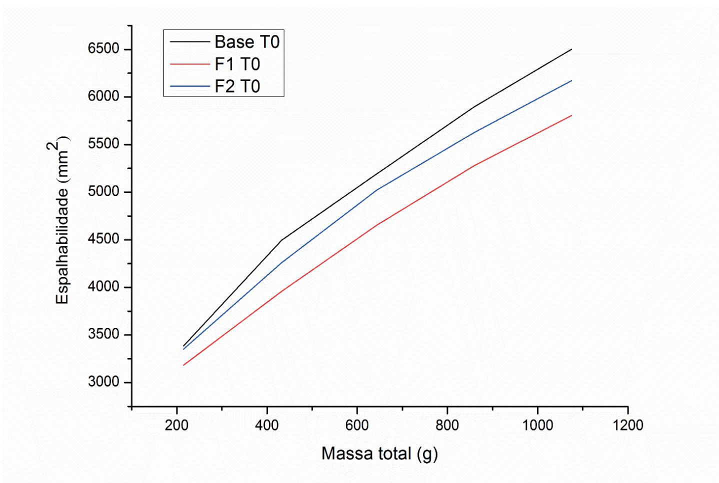


Figura 1. Gráfico de espalhabilidade da base de sérum e das formulações (F1 e F2), em T0.

Fonte: Autoria própria.

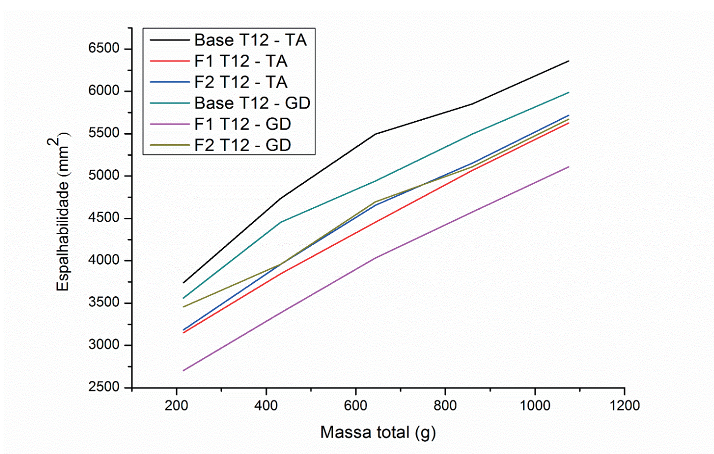


Figura 2. Gráfico de espalhabilidade da base, F1 e F2 em T12, TA e GD.

Fonte: Autoria própria.

A espalhabilidade da base, de F1 e F2 em T12 nas condições GD e TA está apresentada na Figura 2. Nela pode ser observado que T12 em ambas as amostras não houveram alterações nos perfis de espalhabilidade das formulações, mostrando que conforme o aumento da massa adicionada, a espalhabilidade permaneceu aumentando. Além de manter o padrão da espalhabilidade da base ser maior que as formulações contendo o extrato como o observado em T0. Além disso, é digno de nota que a espalhabilidade para as amostras submetidas ao ciclo gelo-degelo foi menor que para a amostra mantida em temperatura ambiente em todas as formulações, apesar da diferença mínima observada em F2.

Desse modo, é válido salientar que de acordo com os resultados obtidos e em comparação com o descrito na Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos, as formulações se apresentaram de forma estável, podendo ser comparado também aos valores obtidos para a viscosidade, uma vez que, segundo Rodrigues (2013), esses dois parâmetros estão relacionados um ao outro.

3.5 Determinação da viscosidade e perfil reológico

As curvas de viscosidade da base, de F1 e de F2 em T0 estão demonstradas na Figura 3, e nela é possível observar que a base possui menor viscosidade entre as formulações, enquanto que entre F1 e F2 possuem valores mais altos, considerando F1 mais viscosa que F2.

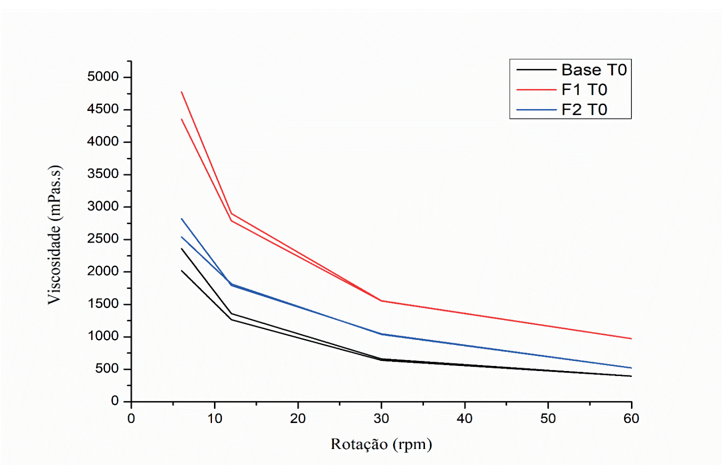


Figura 3. Comparação entre a viscosidade da base, F1 e F2 no tempo zero.

Fonte: Autoria própria.

A viscosidade é uma grandeza medida pela consistência que ela oferece, facilitando ou não a sua aplicação durante o uso, quanto mais viscosa é a massa, mais difícil de

escoar e maior o seu coeficiente de viscosidade. Sendo assim, esse parâmetro pode afetar a estabilidade do produto e até mesmo a aceitabilidade pelo usuário, sendo importante que seja avaliada em um produto cosmético (Rebello, 2015).

Na Figura 4 está demonstrado os valores da viscosidade em T12 (TA e GD). É possível notar que praticamente não houveram alterações nos perfis de viscosidade, mostrando que a viscosidade diminuiu conforme aumento da rotação.

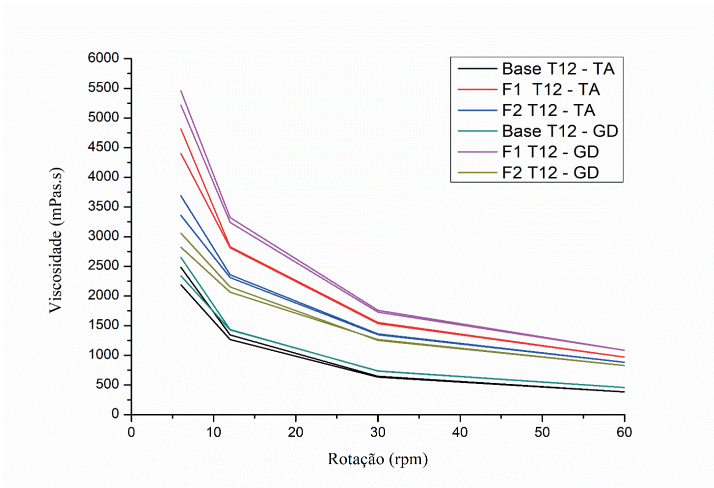


Figura 4. Viscosidade da base, F1 e F2 em T12, GD e TA.

Fonte: Autoria própria.

Analisando o gráfico acima, é notório que a viscosidade de F1 se sobressaiu em relação às outras formulações, notando pouca diferença entre GD e TA em todas as formulações. Também pode-se observar que, a viscosidade de GD foi maior do que TA na base e F1, diferente de F2 que a viscosidade em TA foi maior que em GD.

Portanto, diante os resultados apresentados, os séruns desenvolvidos podem ser considerados fluidos não-newtoniano, pois mudam a viscosidade conforme a velocidade cisalhamento, pseudoplástico, por conta da redução conforme o aumento da velocidade, e tixotrópico, voltando a sua viscosidade inicial quando a velocidade reduz ou cessa. Esse tipo de produto tende a ter maior vida de prateleira, pois, em repouso, apresenta viscosidade constante, dificultando a separação dos constituintes da formulação. Ademais, durante a aplicação tópica, a formulação torna-se mais fluida, facilitando o espalhamento (Silva, 2021).

4 I CONCLUSÃO

O presente trabalho visou produzir um cosmético facial natural, do tipo sérum, utilizando como ativo antioxidante o extrato de hibisco, analisando suas características

físico-químicas a partir da realização de testes de controle de qualidade com o intuito de comprovar sua estabilidade. Após realização de todos os testes pode-se constatar que, apesar das diferenças encontradas dos valores obtidos nas análises das amostras, a base, F1 e F2 em T0 e T12, foram consideradas estáveis, pois as variações são mínimas e consideradas aceitáveis. Nesse viés, para a manipulação final, foi escolhida dar continuidade na Formulação 2, pois de acordo com os estudos e testes realizados a F2 obteve menor variação nos valores, ou seja, menos instabilidade.

É importante ressaltar que o extrato de hibisco possui componentes essenciais para ação antioxidante, conferindo características eliminatórias de radicais livres, ou seja, retardando o envelhecimento cutâneo. Esses componentes não interferiram de forma significativa nos testes físico-químicos realizados, mostrando influência apenas na viscosidade e espalhabilidade por se tratar de um extrato sólido. Dessa maneira, com base na pesquisa realizada, o extrato possui ativos que são considerados satisfatórios para uso em sérum.

Sugere-se então, a realização futura da extração própria do extrato de hibisco, sendo possível obter conhecimentos mais avançados acerca da sua composição e fazer a contabilização dos ativos através da análise fitoquímica. Sugere-se ainda, a continuação do estudo da formulação, com a execução do estudo de estabilidade acelerada de longa duração e a avaliação da atividade microbiológica, para a confirmação da estabilidade dos produtos formulados e para a determinação do prazo de validade.

REFERÊNCIAS

ALENCAR FILHO, J. M. T. **Estudo químico por técnicas hifenadas e desenvolvimento de formulação fotoprotetora com o extrato fluido de *Alternanthera brasiliana***. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Petrolina, p. 143. 2017.

ALENCAR FILHO, J. M. T.; *et al.* Flavonoid enriched extract of *Alternanthera brasiliana* with photoprotective effect: Formulation development and evaluation of quality. **Industrial Crops & Products**, v. 149, p. 112371, 2020.

BATTISTELLA, A. C. et al. Atividades biológicas de *Pterocaulon angustifolium*, *Praxelis sanctopaulsensis* e *Disynaphia filifolia* e avaliação da ação conservante em emulsões. 2020. **Dissertação de Mestrado.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Gerência Geral de cosméticos. **Guia de estabilidade de produtos cosméticos.** Brasília: ANVISA, 2004

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos.** 2ª edição. Brasília: ANVISA, 2008

BOHJANEN, K. **Estrutura e funções da pele. Dermatologia Clínica.** Seção I Bases para diagnóstico e tratamento, 2017.

BOTELHO, T. G. et al. Serum facial contendo bio ativos hidratantes e antienvelhecimento. **Intellectus Revista Acadêmica Digital**, p. 110, 2023.

CALDEIRA, V. F. *et al.* Chemistry and fatty acid profile of new fixed oils from two *Cenostigma* species: Different promising raw material for use in cosmetic emulsions. **Industrial Crops & Products**, v. 196, p. 116451, 2023.

CANTEIRO, E. L. O.; WECKERLIN, E. R.; SILVA OLIVEU, C. A. Tratamentos Para Sinais De Envelhecimento Facial: Uma Revisãode Literatura. **Revista Magsul de Estética e Cosmética**, p. 1-26, 2022.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema beta-caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH•. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 2, p. 446–452, abr. 2006

GONÇALVES, J. H. T.; SANTOS, A. S.; MORAIS, H. A. Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e triagem fitoquímica de ervas condimentares desidratadas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 486–497, 21 jun. 2015.

HAN, S. M. et al. The beneficial effects of honeybee-venom serum on facial wrinkles in humans. **Clinical Interventions in Aging**, v. 10, p. 1587–1592, 1 out. 2015.

KHUANEKKAPHAN, M.; NOYSANG, C.; KHOBJAI, W. Anti-aging potential and phytochemicals of *Centella asiatica*, *Nelumbo nucifera*, and *Hibiscus sabdariffa* extracts. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 11, n. 4, p. 174, 2020. LEONARDI, G. R.; GASPAR, L. R.; CAMPOS, P. M. B. G. M. Estudo da variação do pH da pele humana exposta à formulação cosmética acrescida ou não das vitaminas A, E ou de ceramida, por metodologia não invasiva. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 77, n. 5, p. 563–569, set. 2002.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, p. 36-44, 2015.

PEREIRA, L. G.; ALMEIDA, L. C. K. Desenvolvimento de um sérum facial hidratante e antienvelhecimento com efeito de base. **Perquirere**, v. 20, n. 1, p. 74-90, 2023.

RASCHE, W. D. **Formulação e análise de gel-creme hidratante facial**. Centro Universitário Univates. Lajeado, 2014.

REBELLO, T. **Guia de produtos cosméticos**. [s.l.] BOD GmbH DE, 2015

RIAZ, G.; CHOPRA, R. A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 102, p. 575–586, jun. 2018.

RODRIGUES, L. M. Desenvolvimento e estudo de estabilidade preliminar de emulsões óleo/água (O/A) a base de óleos vegetais para prevenção e/ou adjuvante no tratamento de úlceras por pressão. 2013.

SATHLER, N. S. **Cosméticos multifuncionais: aspectos históricos, características e uma proposta de formulação**. 2018. 49 f. Monografia (Graduação em Farmácia) - Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018

SANTOS, J. C. DE P. et al. Aproveitamento das sementes de goiaba na produção de cosméticos esfoliantes. **Ensaios USF**, v. 7, n. 2, 18 dez. 2023.

SATHLER, N. S. **Cosméticos multifuncionais: aspectos históricos, características e uma proposta de formulação.** 2018. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

SHAFIRANY, M. Z. et al. Antioxidant Activity of Red and Purple Rosella Flower Petals Extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Journal of Pharmaceutical Research International**, p. 186–192, 21 out. 2021

SILVA, M. F. Aplicação de emulsões múltiplas na indústria de cosméticos: uma revisão da literatura, 2021

SOUSA, J. M. A. CALDAS, J. M.; BRITO, M. C. A. Avaliação da atividade antioxidante do extrato de *Hibiscus sabdariffa* L. para desenvolvimento de formulação cosmética. **Revista Fitos**, v. 15, n. 4, p. 432-443, 17 dez. 2021.

TOPAN, J. F. **Emulsões à base de óleo de girassol (*Helianthus annus* L.) com cristal líquido: avaliação das propriedades físico-químicas e atividade cosmética**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRINDADE, J. L. R. Envelhecimento da Pele: Revisão Narrativa da Evolução Histológica. **PQDT-Global**, 2022.

VASCONCELOS, T. C. O Uso do Hibisco (*Sabdariffa* L.) na Prevenção do Envelhecimento Cutâneo. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 2, n. 1, p. 5–20, 6 fev. 2018.

VIEIRA, L. G. S.; ALMEIDA, L. C. K. Desenvolvimento de um sérum facial multifuncional. **Revista Perquirere**, v. 20, n.1, p. 91-106, 2023.

SUPLEMENTAÇÃO COM EXTRATO DA LARANJA MORO (*Citrus sinensis* (L) OSBECK) EM RATOS OBESOS MELHORA OS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E HORMONAIS

Data de submissão: 06/08/2024 *Data de aceite: 01/10/2024*

Elizandra Gomes Schmitt
Farmacêutica e mestre pelo Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/2792328420536809

Scheila Cristina Pires Carrazzoni
Farmacêutica - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/2890042705465233

Gênifer Erminda Schreiner
Licenciada em Ciências Biológicas, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4063695224854057

Laura Smolski dos Santos
Farmacêutica, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/7787259736067752

Camila Benry Pereira
Acadêmica do curso de Farmácia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
https://lattes.cnpq.br/3048475599964049

Carolina Pereira de Oliveira
Acadêmica do curso de Enfermagem da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4681237585269363

Alice Garcia Braum
Acadêmica do curso de Farmácia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
https://lattes.cnpq.br/6786209198957058

Fernanda Comarú da Silva de Mello
Farmacêutica, mestranda no Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4291486754737054

Glaura Paulo Fagundes Olivier
Nutricionaista Clínica, mestranda no Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/6379045836167823

Vinicius Tejada Nunes
Enfermeiro, Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/3634669905909829

Silvia Muller de Moura Sarmento
Biomédica, Patologista Clínica e Doutora pelo Programa Multicêntrico de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/6978359527952267

Rafael Tamborena Malheiros
Fisioterapeuta, Doutor pelo Programa Multicêntrico de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4079663494667647

Vanusa Manfredini
Farmacêutica Bioquímica, Doutora em Ciências (UFRGS), Docente do Curso de Farmácia e do Programa de Pós-graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguaiana, RS, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/7062274179396656

RESUMO: As doenças crônicas-metabólicas, como a obesidade, são consideradas um problema de saúde pública no Brasil e no mundo. Por ser uma doença multifatorial, o tratamento da obesidade envolve mudanças nos hábitos alimentares e atividade física. Neste contexto, surge a *Citrus sinensis* L. Osbeck, a laranja moro, um alimento funcional rico em antioxidantes e vitamina C. Estudos sugerem que os alimentos funcionais podem ajudar no controle de doenças, assim, o objetivo deste trabalho foi determinar marcadores bioquímicos de ratos Wistar machos obesos suplementados com extrato da laranja moro (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Foram utilizados 25 ratos Wistar machos divididos aleatoriamente em 5 grupos (n=5): grupo controle, grupo obeso, grupo Orlistat®, grupo extrato laranja moro e o grupo extrato laranja moro + Orlistat®. Com a exceção do grupo controle, os demais grupos receberam uma dieta hipercalórica, dieta de cafeteria para a indução da obesidade por nove semanas. Após a indução da obesidade, foi administrado o extrato na dose 7,15 mg/Kg, e o medicamento referência (Orlistat®) na dose de 1,72 mg/Kg, por gavage, diariamente no mesmo horário por quatro semanas de tratamento. Os animais foram eutanasiados no 94º dia (nonagésimo quarto) do tratamento onde foram realizadas coletas de sangue total por punção cardíaca, e centrifugação do sangue para obtenção do soro para os marcadores bioquímicos. Os resultados encontrados mostram que o extrato da laranja moro foi capaz de diminuir os níveis de glicose, colesterol total, LDL, triglicerídeos e adiponectina, assim como

aumentou os níveis de HDL e de leptina. Assim, o extrato de *Citrus sinensis* L. Osbeck parece ser uma boa alternativa no controle dos parâmetros bioquímicos alterados na obesidade.
PALAVRAS-CHAVE: parâmetros bioquímicos, obesidade, extrato laranja moro.

ABSTRACT: Chronic metabolic diseases, such as obesity, are considered a public health problem in Brazil and around the world. As it is a multifactorial disease, the treatment of obesity involves changes in eating habits and physical activity. In this context, *Citrus sinensis* L. Osbeck, the moro orange, appears as a functional food rich in antioxidants and vitamin C. Studies suggest that functional foods can help control diseases, therefore, the objective of this work was to determine biochemical markers in rats Wistar obese males supplemented with orange extract (*Citrus sinensis* L. Osbeck). We used 25 male Wistar rats randomly divided into 5 groups (n=5): control group, obese group, Orlistat® group, moro orange extract group and the moro orange extract + Orlistat® group. With the exception of the control group, the other groups received a high-calorie diet, a cafeteria diet to induce obesity for nine weeks. After obesity induction, the extract was administered at a dose of 7.15 mg/kg, and the reference medication (Orlistat®) at a dose of 1.72 mg/kg, by gavage, daily at the same time for four weeks. treatment. The animals were euthanized on the 94th day (ninety-fourth) of treatment, where whole blood was collected by cardiac puncture, and blood centrifugation was performed to obtain serum for biochemical markers. The results found show that moro orange extract was able to reduce the levels of glucose, total cholesterol, LDL, triglycerides and adiponectin, as well as increasing the levels of HDL and leptin. Thus, *Citrus sinensis* L. Osbeck extract appears to be a good alternative for controlling biochemical parameters altered in obesity.
KEYWORDS: biochemical parameters, obesity, moro orange extract

OBESIDADE

A obesidade é um grande problema de saúde pública mundial, sendo considerada doença crônica complexa e progressiva caracterizada pela ingestão calórica excessiva associada ao baixo gasto energético, levando a um acúmulo do excedente na forma de gordura corporal individual. Sendo assim, a obesidade pode ser considerada um problema relacionado à distúrbios metabólicos e mau controle do comportamento alimentar, podendo levar ao aumento da massa de gordura corporal. Outro fator de preocupação é que a obesidade pode acometer qualquer idade, além de ser descrita como uma doença de origem multifatorial (MARIATH et.al. 2007).

A obesidade é definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como acúmulo excessivo de tecido adiposo, que pode causar danos à saúde. O sobrepeso e a obesidade são os principais fatores de risco evitáveis para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Entre 2010 e 2016 a OMS analisou as principais causas de morte a nível mundial, e descobriu que seis foram causadas por DCNT, sendo elas: doença isquêmica do coração, acidente vascular cerebral, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença de Alzheimer e outras demências, e câncer de pulmão, traqueia e brônquios

(FERNANDES et.al.2023).

A OMS, considera um indivíduo obeso quando o mesmo apresenta índice de massa corporal (IMC) igual ou superior a 30 Kg/m^2, como mostrado na Tabela 1. O IMC é apenas uma das ferramentas de avaliação e, em alguns casos, outros parâmetros precisam ser correlacionados, como a bioimpedanciometria e densitometria de corpo total, por exemplo (OMS,1998).

IMC(Kg/M^2)	Classificação	Obesidade Grau/ classe	Risco de doença
<18,5	Magro ou baixo peso	0	Normal ou elevado
18,5 - 24,9	Normal ou eutrófico	0	Normal
25 – 29,9	Sobrepeso ou pré – obeso	0	Pouco elevado
30 – 34,9	Obesidade	I	Elevado
30 – 39,9	Obesidade	II	Muito elevado
≥ 40,0	Obesidade grave	III	Muitíssimo elevado

Tabela 1: Classificação internacional da obesidade segundo o índice de massa corporal (IMC) e risco de doença.

Fonte: OMS, 2016.

O tratamento da obesidade tem como principal objetivo a melhora da saúde e da qualidade de vida do paciente, além de ser possível reduzir a morbidade associada e a mortalidade subsequente (OMS,1998). O tratamento geralmente está relacionado com a mudança no estilo de vida da pessoa, com a implementação de uma dieta equilibrada, a prática de atividades físicas, tratamentos de terapia cognitiva-comportamental e, em alguns casos, medicamentos e intervenção cirúrgica também podem ser empregados. A mudança dos hábitos alimentares é primordial não apenas pela restrição calórica, mas também pelas alterações qualitativas do mesmo, tendo em conta uma distribuição adequada de micronutrientes e macronutrientes e incentivando o consumo de alimentos naturais, como vegetais e frutas. Uma alimentação equilibrada, rica e diversa, pode promover a saúde e reduzir o risco de doenças metabólicas associadas à obesidade (FALLICO *et al* 2017).

PREVALÊNCIA DA OBESIDADE

Entre os anos de 1980 e 2014, o número de pessoas obesas em todo o mundo dobrou. Esse aumento alarmante na prevalência da obesidade pode ser atribuído justamente às mudanças nos hábitos de vida ocorridos nas últimas décadas, principalmente relacionados à uma alimentação inadequada e um estilo de vida sedentário. Os sistemas de monitoramento têm percebido que, nos países de renda média, há um aumento temporário no número de pessoas obesas (FERREIRA, SZWARCWALD, DAMACENA 2019).

Dados do Ministério da Saúde (MS), obtidos em uma pesquisa inovadora, revelaram que a obesidade afeta 6,7 milhões de indivíduos no Brasil. Em 2019, 407.589 pessoas

haviam sido diagnosticadas com obesidade mórbida, ou grau III (IMC acima de 40 kg/m²), correspondendo a 3,14% da população monitorada. Em 2022, o número subiu para 863.083 brasileiros diagnosticados com o nível mais grave de obesidade, representando 4,07% da população. Essa porcentagem representa um crescimento de 29,6% em apenas 4 anos (SBC, 2022).

Acredita-se que aproximadamente 20% da população sofre com a obesidade grau I, enquanto 7,7% apresenta obesidade grau II, o que equivale a cerca de 1,6 milhão de pessoas em 2022. Por outro lado, o sobrepeso afeta atualmente 31% dos brasileiros que participaram da análise do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN), o que corresponde a aproximadamente 6,72 milhões de pessoas. A pesquisa abrange com a inclusão de 21,2 milhões de brasileiros e considera variáveis como localização geográfica, fase da vida, gênero, origem étnica, entre outras, estando disponível por município, região e área de saúde para todo o Brasil (SBC,2022).

FISIOPATOLOGIA DA OBESIDADE

Na regulação da fome é possível perceber que ocorrem alterações nos níveis de glicose, o que pode estimular ou inibir o apetite. O aumento da glicose circulante estimula a saciedade no hipotálamo inibindo o apetite, da mesma forma, quando há uma diminuição da glicose circulante, ocorre a estimulação da fome, fazendo aumentar o apetite (GUYTON; HALL, 2017).

A obesidade tem grande relação com as taxas de glicose que podem aumentar os níveis de referência, em uma dieta com alimentos hipercalóricos, e assim poderá aumentar a gordura visceral, com a grande ingestão de calorias, acarretando no desenvolvimento da resistência à insulina, hiperleptinemia (DEMPSTER; MANNING, 1987).

EXTRATO *Citrus sinensis* (L) OSBECK

Os fitoterápicos são alternativas que podem ser utilizadas para diminuir o acúmulo de gordura corporal. Um exemplo é a laranja moro *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, que é rica em compostos fenólicos (flavonoides e ácidos hidroxicinâmicos) e vitamina C. Esses compostos têm ação antioxidante, que impedem a oxidação dos lipídios e diminuem a inflamação causada pelo excesso de gordura corporal. A laranja possui uma cor vermelha característica devido à grande quantidade do pigmento pertencente à classe das antocianinas (RODRIGUES *et al*. 2021).

As antocianinas possuem uma relevância substancial na alimentação humana, sendo consideradas como elementos terapêuticos, uma vez que têm propriedades medicinais. Tem ação antioxidante, uma vez que possuem a habilidade de neutralizar os radicais livres, consequentemente, são efetivas contra o estresse oxidativo, enfermidades do coração, determinados tipos de câncer entre outras patologias relacionadas (LATADO *et*

al. 2008). Os frutos são particularmente usados como estimulantes cardíacos e digestivos, contendo compostos fitoquímicos que possuem propriedades antioxidantes, responsáveis pelos efeitos protetores contra doenças crônicas, como o diabetes tipo 2, e as dislipidemias (MAGALHÃES *et al.* 2020). Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar parâmetros bioquímicos e hormonais de ratos wistar machos suplementados com extrato da laranja moro.

METODOLOGIA

Animais de experimentação

Para desenvolvimento do presente estudo, foram utilizados 25 ratos Wistar machos adultos com peso entre 150g a 180g. Estes animais foram obtidos e mantidos no biotério da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), com ração e água à vontade nos primeiros dias para adaptação, com a luminosidade em um ciclo claro/escuro de 12 horas e com temperatura controlada à 22±2°C, acondicionados em caixas plásticas de tamanho padrão, medindo 42 x 34 cm, forradas com maravalha. A troca da maravalha e higienização das caixas ocorreu três vezes na semana, conforme necessidade. Os 25 animais foram separados em grupos de cinco animais onde ficaram em uma caixa três animais e outra com dois animais para melhor acomodação dos mesmos.

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Pampa, cumprindo as normas éticas estabelecidas pelos mesmos, sendo aprovados sob o número de registro 07/2022.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Como demonstrado na Figura 1, os animais ficaram 15 dias em aclimatação e após, foram divididos aleatoriamente em cinco grupos sendo eles:

Grupo 1 - Grupo controle

Grupo 2 - Grupo obeso

Grupo 3 - Grupo Orlistat®

Grupo 4 - Grupo Extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck

Grupo 5 - Grupo Extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck + Orlistat®

A indução da obesidade foi realizada durante nove semanas, durante as quais o grupo controle recebeu ração comercial e os demais quatro grupos receberam ração de cafeteria que conteve ração comercial acrescida de patê, batatas fritas, chocolate, bacon e biscoito salgado numa proporção de 2:1:1:1:1:1 (LOPES *et al.* 2003).

Depois da indução da obesidade foi administrado o tratamento com extrato, na dose 7,15 mg/kg, ou com medicamento referência (Orlistat®), na dose de 1,72 mg/kg. O mesmo foi realizado por gavage diariamente no mesmo horário durante quatro semanas. A dose

dos tratamentos foi calculada com base nas doses comercializadas, sendo de 500mg e 120mg, respectivamente, para adultos de cerca de 70 quilos. No 30° dia, os animais foram eutanasiados, após 12 horas de jejum alimentar e foram realizadas coletas de sangue total por punção cardíaca, e posterior centrifugação para aquisição do soro para as dosagens dos parâmetros bioquímicos. Os extratos em pó da laranja moro e o medicamento de referência Orlistat® foram adquiridos comercialmente.

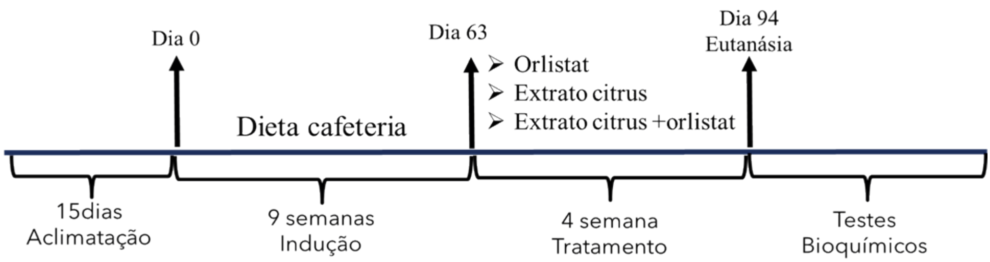


Figura 1 - Delineamento experimental.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

PARÂMETROS LABORATORIAIS

Parâmetros bioquímicos

Para a dosagem da glicemia de jejum e do perfil lipídico, incluindo colesterol total, colesterol de alta densidade (HDL) colesterol de baixa densidade (LDL) e triglicerídeos, foram utilizadas amostras de soro, acondicionadas em ultrafreezer à -80º C até o momento da análise. As mesmas foram analisadas utilizando kits comerciais ChemWell T da Labtest®. Todos os parâmetros foram analisados em triplicata.

Parâmetros hormonais

Para avaliar os parâmetros hormonais, separou-se uma alíquota de soro, sendo a mesma armazenada a -80ºC até o momento da análise. Estas foram analisadas utilizando kits da Thermo Fisher Scientific® dosados em equipamento da LabTest® (OLIVEIRA *et al.* 2020). Todos os parâmetros foram analisados em triplicata.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram expressos como média ± desvio padrão. Foi utilizado o teste de Análise de Variância (ANOVA) de uma via, seguido do post hoc de Tukey com um nível de significância de ($p<0,05$), após aprovação em teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para as análises estatísticas foi utilizado o software GraphPad Prism versão

RESULTADOS

O modelo de indução de obesidade escolhido, pela administração da dieta de cafeteria, se mostrou eficaz, uma vez que elevou significativamente ($p<0,0001$) os níveis dos parâmetros bioquímicos analisados (Figuras.2 e 3) do grupo obeso (2) quando comparado ao controle (1). Na Figura 2, pode-se observar que o extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck teve um efeito promissor uma vez que foi capaz de diminuir significativamente ($p<0,0001$) o nível da glicose dos animais, restabelecendo para seus níveis basais no grupo 4, não diferindo significativamente do controle. O mesmo resultado foi observado para o grupo 3, que teve o medicamento referência administrado, e o grupo 5, no qual foi administrado um cotratamento de ambos os compostos.

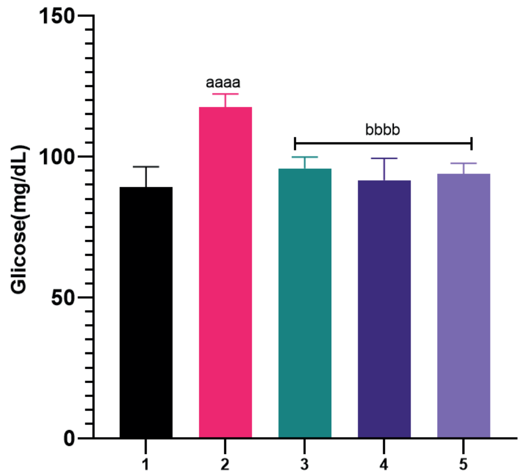


Figura 2 - Efeito do extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck nos níveis de glicose (mg/dL) em soro de ratos obesos. Grupo controle (1), Grupo obeso (2), Grupo Orlistat® (3), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck (4), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck+ Orlistat® (5). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão ($p <0,05$) conforme ANOVA seguida do teste de tukey. "a" indica diferença significativa frente ao grupo 1, e "b" frente ao grupo 2.

Em relação ao perfil lipídico, apresentados na Figura 3 (A, B e C), pode-se observar um aumento significativo do mesmo no grupo obeso em relação ao grupo controle, novamente demonstrando que a dieta de cafeteria exerceu seu papel na indução da síndrome metabólica. Quando comparados ao grupo obeso, pode-se observar que todos os tratamentos foram capazes de diminuir significativamente os níveis de colesterol (Fig. 3A), LDL (Fig. 3B) e de triglicerídeos (Fig. 3C), mostrando a efetividade do medicamento de primeira escolha, o Orlistat®, assim como do extrato *C. sinensis*, não diferindo significativamente do controle. Inclusive, no grupo do cotratamento, grupo 5, o nível de triglicerídeo se mostrou significativamente mais baixo que o próprio controle.

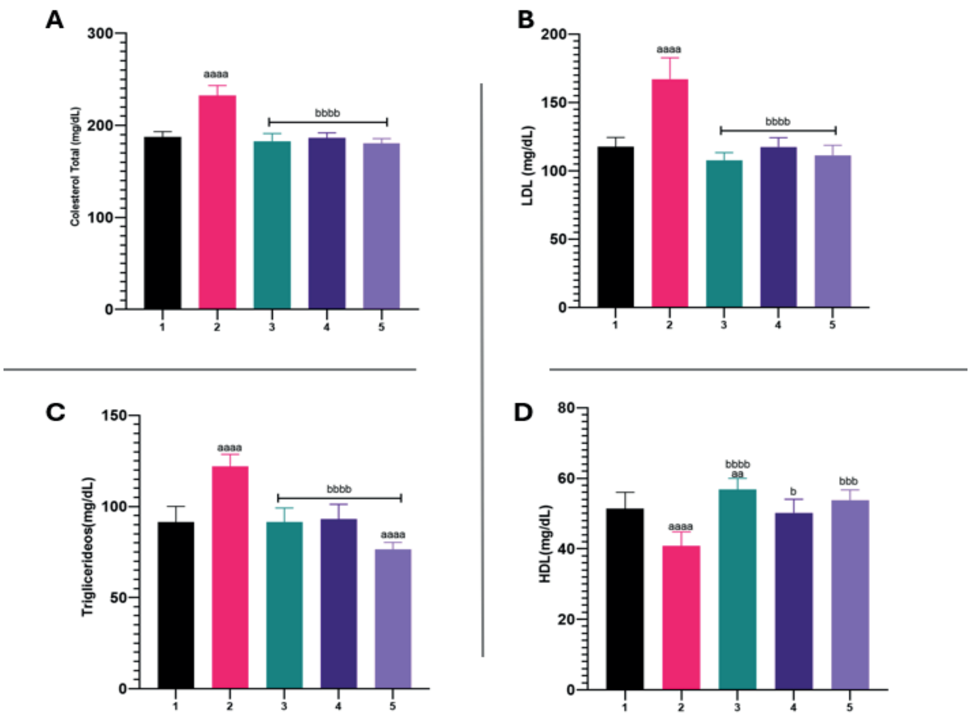


Figura 3 - Efeito do extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck nos parâmetros bioquímicos de colesterol total (A), LDL (B), triglicerídeos (C) e HDL (D) em amostra de soro de ratos obesos. Grupo controle (1), Grupo obeso (2), Grupo Orlistat® (3), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck (4), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck + Orlistat® (5). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão ($p < 0,05$) conforme ANOVA seguida do teste de tukey. “a” indica diferença significativa frente ao grupo 1, e “b” frente ao grupo 2.

No que se refere ao nível de HDL (Fig.3D), observa-se que o grupo obeso demostrou uma diminuição significativa do mesmo, quando comparado ao grupo controle. Já aos demais grupos tiveram aumento significativo do mesmo, quando comparados com o grupo obeso, não diferindo, de maneira geral, do controle, salvo o grupo ao qual foi administrado o extrato (grupo 3), que elevou o mesmo ainda acima do controle.

Já na Figura 4 são apresentados os resultados da dosagem dos hormônios adiponectina (Fig. 4A) e leptina (Fig. 4B), cuja relação é inversamente proporcional uma à outra. Pode-se verificar que a adiponectina dos grupos 2,3 e 5 estão diminuídos em relação ao grupo controle, assim como o grupo 4 não diferiu significativamente no controle, mas está aumentado em relação ao grupo 2.

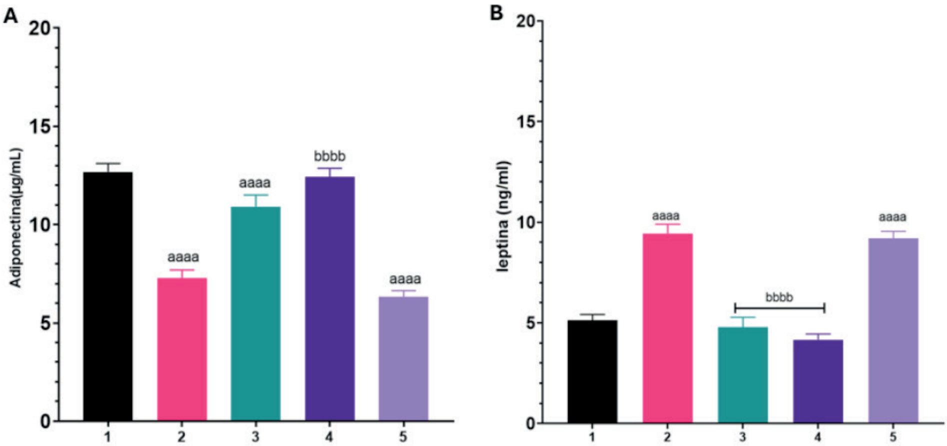


Figura 4 - Efeito do extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck nos parâmetros hormonais de adiponectina (A) e leptina (B), em amostra de soro de ratos obesos. Grupo controle (1), Grupo obeso (2), Grupo Orlistat® (3), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck (4), Grupo extrato *Citrus sinensis* L. Osbeck + Orlistat® (5). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão ($p < 0,05$) conforme ANOVA seguida do teste de Tukey. "a" indica diferença significativa frente ao grupo 1, e "b" frente ao grupo 2.

Já em relação à leptina, podemos verificar que o grupo obeso (2) está significativamente ($p<0,0001$) aumentando, quando comparado ao controle (1), assim como o grupo do cotratamento (5), que não diferiu significativamente do 2. Enquanto isso, os grupos 3 e 4 se mostraram diminuídos em relação ao grupo 2 ($p<0,0001$), não diferindo significativamente do controle.

DISCUSSÃO

Segundo Rodrigues *et al*. (2021), a laranja moro, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, é uma boa fonte de compostos fenólicos, como flavonoides e ácidos hidroxicinâmicos, além das antocianidinas e vitamina C. Esses compostos atuam como poderosos antioxidantes, prevenindo a oxidação dos lipídios e controlando a inflamação associada ao excesso de tecido adiposo e ao controle bioquímico do perfil lipídico e glicêmico. Tais características colocam a planta no foco de estudos referentes à emagrecimento e perda de peso. De acordo com Silva e Filho (2020), o uso de *Citrus sinensis* se mostrou efetivo em relação a perda de peso e diminuição do IMC em ratos.

Portanto, os achados na Figura 2 que apresenta o perfil glicêmico dos ratos Wistar machos, mostram que ocorreu a redução dos níveis glicêmicos nos tratamentos 3,4 e 5, quando comparados ao grupo obeso (grupo 2), o que pode ser considerado um bom resultado, uma vez que a suplementação do tratamento obteve um efeito satisfatório. Tais dados concordam com os encontrados por Scazzocchio *et al*. (2011), cujo estudo demonstrou que as altas concentrações de antocianina, presente na laranja moro, atuam na regulação de via de sinalização da insulina, agindo sobre os níveis glicêmicos, como

pode ser observado, e consequentemente, auxilia na prevenção dos diabetes Mellitus.

Desta forma, Stull *et al*. (2010) relataram que a suplementação dietética, diária, por seis semanas, de *Vaccinium myrtillus* (L.) liofilizado foi capaz de melhorar a sensibilidade à insulina de participantes obesos, não diabéticos e resistentes à insulina, independentemente de quaisquer alterações nos biomarcadores inflamatórios ou na adiposidade. Segundo Li *et al*. (2015) os efeitos benéficos da suplementação de antocianinas nos distúrbios metabólicos em indivíduos com diabetes Mellitus tipo 2, e o mecanismo protetor da antocianina no diabetes, está intimamente correlacionado com a prevenção da dislipidemia, diminuição do dano oxidativo sistêmico e aumento da sensibilidade à insulina.

Em relação aos resultados do colesterol total e o LDL ocorreu uma diminuição significativa dos níveis séricos dos grupos suplementados com Orlistat® e com extrato *Citrus sinensis* e o co-tratamento e nesse mesmo contexto os triglicerídeos seguem o mesmo resultado demonstrando que ocorreu uma melhora nesses parâmetros. O colesterol LDL, conhecido popularmente como o "colesterol ruim", transportam os lipídeos de origem hepática para os tecidos periféricos, e seus altos níveis podem ser relacionados com problemas cardíacos, diferentemente do colesterol HDL, chamado de "colesterol bom" que atua no transporte reverso dos tecidos periféricos (ORAM,VAUGHAN 2006).

Segundo Silva *et al*. (2022), a ingestão de 5% de laranja kinkan (C*itrus japônica*) é capaz de induzir um bom resultado do perfil lipídico, como diminuição de colesterol e triglicerídeos, corroborando com nossos achados. Da mesma forma, Wu *et al*. (2018) relatam que a suplementação com antocianinas de *Vaccinium myrtillus* L e Morus nigra L, em um quadro de obesidade induzida pela dieta, é capaz de diminuir, significativamente, os níveis séricos de colesterol total, triglicerídeos e LDL, o que, provavelmente, está relacionado com sua ação sobre os parâmetros de estresse oxidativo e inflamatórios.

Quanto aos hormônios adiponectina e leptina, os mesmos têm efeitos inversos no organismo. Segundo Matsuzawa *et al*. (2004), a adiponectina tem função vasodilatadora, aumentando a oxidação lipídica, suprimindo alguns processos envolvidos na formação de células espumosas e inibição do LDL, além de atuar na a sensibilização à insulina do organismo, e deste modo espera-se que esteja inversamente relacionado à síndrome metabólica. Conforme Kubota et. al. (2007), a adiponectina age positivamente no mecanismo do gasto energético e da fome, age também na regulação do metabolismo da glicose e dos ácidos graxos. Nossos resultados concordam com o observado, uma vez que se apresentaram níveis inversamente proporcionais do hormônio com marcadores bioquímicos, como o colesterol e índice glicêmico. Já a leptina, segundo Yadav et. al. (2013), possui funções de regulação do metabolismo energético, estímulo de gasto energético e saciedade alimentar, podendo atuar na redução da glicose plasmática. O que pode explicar seus níveis aumentados nos animais do grupo 2 (obeso).

Pelos resultados observados na Figura 4, pode-se verificar que os mesmos foram afetados pelo quadro de obesidade, como já era esperado, por outro lado o extrato foi

capaz de atuar sobre os mesmos, os levando aos níveis basais, como o medicamento de referência. De acordo com estudos realizados por Nakandakare-Maia *et al*. (2023), o extrato de *Citrus reticulata* Blanco*,* outra planta do gênero *citrus*, demonstrou efeito promissor no tratamento da obesidade, restaurando a resistência à leptina através de sua ação anti-inflamatória e antioxidante na via do receptor de leptina no hipotálamo, o que sugere-se que foi a forma de ação do extrato da laranja moro aqui utilizado.

CONCLUSÃO

Através dos resultados demonstrados, podemos sugerir que o extrato *Citrus sinensis* (L) Osbeck foi capaz de diminuir os níveis de glicose, colesterol total, LDL, triglicerídeos e a leptina. Assim como aumentou os níveis de HDL e de adiponectina. Assim, o extrato parece ser uma boa alternativa no controle dos parâmetros bioquímicos e hormonais alterados na obesidade.

REFERÊNCIAS

AMER, Nadia Mohamed; MARCON, Sonia Silva; SANTANA, Rosangela Getirana. Índice de massa corporal e hipertensão arterial em indivíduos adultos no Centro-Oeste do Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** v. 96, n. 1, p. 47–53, 2011. https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000154.

BRASIL, Ministério da Saúde. Vigitel Brasil 2007 – **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. 2008, p. 1-138.

BRASIL. Ministério da saúde. Epidemiologia: relevância do problema e conceito e classificação. Cadernos de Atenção Básica n.º12. Série A. **Normas e Manuais Técnicos.** Brasília-DF: MS; 2006. p.16-26.

DEMPSTER, J. P.; MANNING, W. J. Editorial. **Environmental Pollution**, v. 43, n. 1, p. 1–2, 1987. https://doi.org/ 10.1016/0269-7491(87)90162-x.

FALLICO, Biagio *et al*. Bioactive compounds in blood oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): Level and Intake. **Food Chemistry**, v. 215, p. 67–75, 2017. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.142

FERNANDES, Renata Cordeiro *et al*. Sobrepeso e obesidade entre mulheres e associação com características demográficas e obstétricas entre usuárias de uma unidade de saúde especializada. **Cadernos Saúde Coletiva,** v. 31, p. e31010384, 2023. https://doi.org/10.1590/1414-462X202331010384

FERREIRA, Arthur Pate de Souza; SZWARCWALD, Célia Landmann; DAMACENA, Giseli Nogueira. Prevalência e fatores associados à obesidade na população brasileira: estudo com dados aferidos da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, 2019. https://doi.org/10.1590/1980-549720190024

GROSSO, Giuseppe *et al*. Red Orange: Experimental Models and Epidemiological Evidence of Its Benefits on Human Health**. Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2013, p. 1–11, 2013. https://doi.org/10.1155/2013/157240

GUH, Daphne P. *et al*. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis. **BMC Public Health**, v. 9, n. 1, 25 2009. https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-88.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John. Tratado de Fisiologia Médica. 13. ed. [S.I.]: Elsevier, 2017.

LATADO, Rodrigo Rocha *et al*. Acúmulo de antocianinas e características físicas e químicas de frutos de laranjas sanguíneas durante o armazenamento a frio. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 604–610, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300007

LI, Dan *et al*. Purified Anthocyanin Supplementation Reduces Dyslipidemia, Enhances Antioxidant Capacity, and Prevents Insulin Resistance in Diabetic Patients. **The Journal of Nutrition, v**. 145, n. 4, p. 742–748, 2015. https://doi.org/10.3945/jn.114.205674.

KUBOTA, Naoto *et al*. Adiponectin stimulates AMP-activated protein kinase in the hypothalamus and increases food intake. **Cell Metabolism**., v. 6, n. 1, p. 55-68, 2007. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2007.06.003

LÓPEZ, Iciar P. *et al*. DNA microarray analysis of genes differentially expressed in diet-induced (cafeteria) obese rats. **Obesity research,** v. 11, n. 2, p. 188–194, 1 fev. 2003. https://doi.org/10.1038/oby.2003.30.

MAGALHÃES, Maísa Lamounier *et al*. Effects of Moro orange juice (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) on some metabolic and morphological parameters in obese and diabetic rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v. 101, n. 3, p. 1053–1064, 2020. https://doi.org/10.1002/jsfa.10714.

MARIATH, Aline Brandão *et al*. Obesidade e fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis entre usuários de unidade de alimentação e nutrição. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 4, p. 897–905, 2007. https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007000400017

MATSUZAWA, Yuji *et al*. Adiponectin and metabolic syndrome. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, v. 24, p. 29-33, 2004. https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000099786.99623.EF

NAKANDAKARE-MAIA, Erika Tiemi *et al*. Treatment with bergamot (*Citrus bergamia*) leaves extract attenuates leptin resistance in obese rats. **Molecular and Cellular Endocrinology,** v. 566-567, p. 111908, 2023. https://doi.org/10.1016/j.mce.2023.111908.

OBESIDADE atinge mais de 6,7 milhões de pessoas no Brasil em 2022. **Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica**, 2023. Disponível em: https://www.sbcbm.org.br/obesidade-atinge-mais-de-67-milhoes-de-pessoas-no-brasil-em-2022/. Acesso em: 14 de abr. de 2024.

OLIVEIRA, Carla Braga Campelo de *et al*. Obesidade: inflamação e compostos bioativos. **Journal of Health & Biological Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1. 2020. https://doi.org/10.12662/2317-3076jhbs.v8i1.2785.p1-5.2020

ORAM, John F.; VAUGHAN, Ashley M. ATP-Binding Cassette Cholesterol Transporters and Cardiovascular Disease. **Circulation Research**, v. 99, n. 10, p. 1031–1043, 2006. https://doi.org/10.1161/01.RES.0000250171.54048.5c.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Obesity: preventing and managing the global epidemic. **Report of the WHO Consultation on Obesity**. Geneva: WHO, 1998.

RODRIGUES, Beatriz Almeida *et al*. Heart structure, serum cholesterol, and adiposity of rats treated with a hypercaloric diet: effectiveness of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck and swimming. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2021. https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-61130.

SCAZZOCCHIO, Beatrice *et al*. Cyanidin-3-O-β-Glucoside and Protocatechuic Acid Exert Insulin-Like Effects by Upregulating PPARγ Activity in Human Omental Adipocytes. **Diabetes,** v. 60, n. 9, p. 2234–2244, 2011. https://doi.org/10.2337/db10-1461.

SILVA, Dayse Lúcia *et al*. Kinkan orange protects hypercholesterolemic rats against dyslipidemia and oxidative stress. **Anais da Academia Brasileira de Ciências,** v. 94, n. suppl 3, 2022. https://doi.org/10.1590/0001-3765202220201066

SILVA, Ilaine Cristina da; LIMA FILHO, Bartolomeu Fagunges de. Influência dos compostos fitoquímicos do suco de laranja vermelha na redução da gordura abdominal. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 14, n. 84, p. 146-154, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretrizes para Cardiologistas sobre Excesso de Peso e Doença Cardiovascular dos Departamentos de Aterosclerose, Cardiologia Clínica e FUNCOR da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Arq Bras Cardiol. 2002; 78, (suplemento I).

STULL, April J. *et al*. Bioactives in blueberries improve insulin sensitivity in obese, insulin-resistant men and women. **The Journal of Nutrition**, v. 140, n. 10, p. 1764–1768, 2010. https://doi.org/10.3945/jn.110.125336

WU, Tao *et al*. Blackberry and Blueberry Anthocyanin Supplementation Counteract High-Fat-Diet-Induced Obesity by Alleviating Oxidative Stress and Inflammation and Accelerating Energy Expenditure. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity,** v. 2018, p. 1–9, 2018. https://doi.org/10.1155/2018/4051232

YADAV, Amita *et al*. Role of leptin and adiponectin in insulin resistance. **Clinica Chimica Acta**, v. 417, n. 80–84, 2013. https://doi.org/10.1016/j.cca.2012.12.007

ZAZZLE. **Orange de Malte Poster.** Disponível em: https://www.zazzle.com/orange_orange_de_malte_poster228657533553667718?view=113381087925757000. Acesso em 30 de abr. de 2024.

SOBRE A ORGANIZADORA

TAÍSA CERATTI TREPTOW - Possui graduação em Nutrição pela Universidade Franciscana, especialização em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas, mestrado e doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e Licenciatura pelo Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Têm experiência na área de Nutrição, Tecnologia dos Alimentos e Saúde coletiva. Atuou como professora de Nutrição no curso de Enfermagem da UFSM e no curso técnico de Enfermagem na Faculdade Integrada de Santa Maria. Possui larga experiência como banca examinadora em trabalhos de conclusão de curso e defesa de estágio na área de Nutrição e Alimentos. Organizadora e palestrante em cursos de atualização e qualificação direcionados para alimentação coletiva. Experiência na área de saúde coletiva onde atuou profissionalmente em algumas prefeituras como Nutricionista. Atualmente é Pós-doutoranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos na UFSM e Nutricionista na Prefeitura de Faxinal do Soturno. Autora de capítulos de livros e artigos científicos publicados em revistas com alto fator de impacto. Organizadora de livros na área de Saúde pública. Currículo lattes: http://lattes.cnpq.br/2926914154460296 ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2074-7649

ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

abordagem científica para uma vida saudável 2

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2024

ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

abordagem científica para uma vida saudável 2

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2024